

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

Conf. dr. ing. Virgil Hila
Asist. ing. Constantin Ungureanu

Sef lucr. ing. Constantin Radu
Asist. ing. George Stoicescu

CĂI FERATE

Partea I

Bazele proiectării căilor ferate

INSTITUTUL DE CONSTRUCȚII
BUCUREȘTI 1975

P R E F A T A

Creșterea continuă a potențialului economic al țării noastre determină o creștere corespunzătoare a mijloacelor de transport care trebuie să asigure desfășurarea normală a aprovizionării industriei și agriculturii, repartizarea bunurilor pe teritoriu și dezvoltarea armonioasă a diferitelor regiuni ale țării.

Transportul feroviar, în concordanță cu celelalte mijloace de transport, manifestă o tendință de creștere continuă și ocupă, în ansamblul transporturilor care se efectuează în țara noastră, locul principal; în anul 1973 din cele circa 107.440 milioane tone.km au revenit transportului feroviar 57.103 milioane tone.km (53,2%).

Aceasta se datorește atât progreselor remarcabile obținute în construirea materialului rulant, sporirii capacității portante a căii, introducerii instalațiilor perfecționate de semnalizare, centralizare, blocare a semnalelor și macazurilor și a instalațiilor moderne de telecomunicații cât și avantajelor tehnico-economice pe care le are transportul feroviar: capacitate mare de transport, preț de cost redus, punctualitate, siguranță și confort în efectuarea transporturilor de mărfuri și călători.

Drept urmare statul acordă o grijă permanentă acestui sector vital al economiei naționale, aflat într-un susținut proces de dezvoltare și modernizare. În anii actualului cincinal s-au electrificat circa 650 km linie de cale ferată, s-au executat dublări de cale în lungime de peste 700 km, s-au introdus în cale traverse de beton armat precomprimat și șine de tip gren, s-a extins calea fără joante, s-a extins blocul de linie automat pe încă 370 km, s-a sporit numărul macazurilor centralizate electrodinamic, iar rețeaua de cale ferată a fost dotată cu 780 locomotive diesel și electrice și aproximativ 35.000 vagoane pentru călători și marfă (echivalențe pe patru osii).

În anul 1980 potrivit hotărârilor Congresului al XI-lea traficul de mărfuri va fi cu 30-32 la sută mai mare față de 1975, iar cel de călători cu 19-22 la sută. Sporurile prevăzute a se realiza vor necesita în continuare ridicarea nivelului tehnic al rețelei de cale ferată, astfel ca la finele anului 1980, liniile duble și electrice să reprezinte 27 la sută din totalul rețelei.

Creșterea continuă a traficului feroviar și a vitezelor de circulație necesită proiectarea, construirea și întreținerea unor

căi ferate care să satisfacă cerințele tehnice și economice și care să corespundă condițiilor tot mai exigente impuse de siguranța și confortul circulației.

Folosind un vast material bibliografic, autorii au urmărit să prezinte în această lucrare principalele probleme privind proiectarea și construirea liniilor de cale ferată.

Pentru o mai bună sistematizare a materialului, lucrarea este împărțită în două părți: "Bazele proiectării căilor ferate" și "Suprastructura căii".

Tratând la un nivel corespunzător învățământului superior capitolele fundamentale ale traseelor de cale ferată și suprastructurii căii se acordă totodată o atenție specială unor capitole și probleme privind: utilizarea calculelor de tracțiune la proiectarea liniilor noi și reconstruirea liniilor existente, compararea tehnico-economică a variantelor, alegerea rezistenței caracteristice optime, solicitarea elementelor prinderii șinei de traversă, calea în curbă, elementele constructive ale aparatelor de cale, proiectarea stațiilor.

Lucrarea a fost elaborată de :

- | | | |
|---------------------|-------------|-----------------|
| - ing. V. Hila | Partea I | - cap. I - VIII |
| - ing. C. Ungureanu | Partea II-a | - cap. I - V |
| - ing. C. Stoicescu | Partea II-a | - cap. VI - VII |
| - ing. C. Radu | Partea II-a | - cap. VIII-XII |

Au mai colaborat la definitivarea unor capitole ale lucrării ing. V. Deleanu, ing. asist. A. Stănculescu.

Lucrarea se adresează, în primul rând, studenților care se pregătesc să devină proiectanți și constructori de căi ferate.

Mulțumim anticipat tuturor celor ce vor transmite observații care pot fi de folos la reeditarea acestei lucrări

A u t o r i i,

T A B L A D E M A T E R I I

INTRODUCERE	11
Capitolul I. SCURT ISTORIC AL CONSTRUIRII LINIILOR DE CALE FERATA	13
I.1. Apariția și dezvoltarea căilor ferate	13
I.2. Istoricul construirii căilor ferate în România	18
I.2.1. Construirea căilor ferate în România până la primul război mondial.	19
I.2.2. Construirea căilor ferate în România în perioada 1918-1944	24
I.2.3. Construirea căilor ferate după 23 August 1944	26
I.3. Noțiuni de geografie feroviară	29
I.4. Perspectivele construirii de linii noi de cale ferată și ale reconstruirii liniilor existente în țara noastră	30
Capitolul II. NOTIUNI DESPRE CALE FERATE	34
II.1. Elementele liniei ferate în profil transver- sal, plan de situație și profil în lung	34
II.2. Elementele suprastructurii căii	41
II.3. Clasificarea căilor ferate	46
II.4. Gabarite de cale ferată	47
II.5. Secționarea liniilor de cale ferată. Punctele de secționare	52
II.6. Capacitatea de circulație și capacitatea de transport ale liniilor de cale ferată	55
II.6.1. Stabilirea capacității necesare	58
II.6.2. Calculul capacității posibile	61

Capitolul III. CALCULELE DE TRACȚIUNE APLICATE LA PROIECTAREA ȘI CONSTRUCȚIA CAILOR FERATE	71
III.1. Generalități despre calculele de tracțiune și sistemele de tracțiune	71
III.1.1. Definiție, obiectul și importanța calcu- lelor de tracțiune	71
III.1.2. Sisteme de tracțiune	72
III.2. Forțele care acționează asupra trenului .	75
III.2.1. Mișcarea trenului datorită forțelor care acționează asupra lui	75
III.2.2. Mișcarea roții pe șină	77
III.2.3. Forța de tracțiune a locomotivei . . .	84
III.2.3.1. Forța de tracțiune a locomotivei cu abur	84
III.2.3.2. Forța de tracțiune a locomotivei diesel	89
III.2.3.3. Forța de tracțiune a locomotivei electrice	92
III.2.4. Forțele de rezistență	94
III.2.4.1. Considerații generale	94
III.2.4.2. Rezistența la mers în aliniament și paliu	96
III.2.4.3. Rezistența la mers datorită traseului	102
III.2.4.4. Rezistența la mers incidentală . . .	105
III.2.4.5. Rezistența la mers a trenului	107
III.2.5. Forța de frînare a trenului	108
III.2.5.1. Considerații generale	108
III.2.5.2. Forța de frînare ca rezultat al apă- sării sabotilor de frînă	109
III.2.5.3. Calculul forței de frînare a trenului	111
III.2.6. Rezultanta forțelor care acționează asupra trenului	112
III.2.7. Ecuația de mișcare a trenului	117
III.2.8. Lucrul mecanic al forțelor ce acționează asupra trenului	120

III.3. Calculul tonajului și lungimii trenului . . .	124
III.3.1. Calculul tonajului trenului	124
III.3.2. Stabilirea lungimii trenului.	128
III.4. Calculul vitezelor și timpilor de mers. . .	129
III.4.1. Considerații generale	129
III.4.2. Simplificarea profilului liniei	130
III.4.3. Calculul și construirea curbilor $V = f(S)$ și $T = f(S)$	133
III.4.3.1. Calculul vitezelor de circulație și construirea curbilor $V = f(S)$ prin me- toda integrării grafice	134
III.4.3.2. Calculul timpului de mers și construirea curvei $T = f(S)$	139
Capitolul IV. PROIECTAREA LINIILOR DE CALE FERATA	145
IV.1. Calculul elementelor liniei în planul de situație	145
IV.1.1. Aliniamente	145
IV.1.2. Curbe circulare	147
IV.1.3. Curbe de racordare.	151
IV.1.4. Tracerea între două curbe vecine. Lungimea minimă a aliniamentului ceprind între vîrfurile de unghi	152
IV.2. Calculul elementelor liniei în profilul în lung	155
IV.2.1. Declivitățile profilului în lung.	155
IV.2.2. Lungimea elementelor de profil	158
IV.2.3. Racordarea elementelor de profil	161
IV.3. Prescripții tehnice pentru proiectarea li- niei în planul de situație și în profilul în lung	164
IV.3.1. Stabilirea poziției schimbătoarelor de declivitate	165
IV.3.2. Reducerea declivității în curbe și în tuneluri	168
IV.3.3. Asigurarea liniei împotriva pericolelor de rupere a trenurilor	171
IV.3.4. Traversarea cursurilor de apă curgătoare și a căilor de comunicație	172

IV.3.5. Asigurarea colectării și evacuării apelor de suprafață	175
IV.3.6. Proiectarea liniilor ferate în regiunile inundabile și în regiunile expuse înzăpe- zirilor	176
IV.4. Amplasarea punctelor de secționare și proiec- tarea liniei în punctele de secționare . . .	178
IV.4.1. Considerații generale privind amplasarea punctelor de secționare	178
IV.4.2. Proiectarea liniei în punctele de secțio- nare cu dezvoltări de linii	182
IV.4.2.1. Stabilirea dimensiunilor platformei sta- țiilor intermediare și haltelor de mijloc 183	
IV.4.2.2. Proiectarea liniei în punctele de secțio- nare amplasate în curbă	186
IV.4.2.3. Proiectarea liniei în punctele de secțio- nare amplasate în declivitate	187
IV.4.2.4. Proiectarea liniei pe sectoarele de acces în punctele de secționare	191
IV.5. Amplasarea punctelor de secționare fără dezvolt- tare de linii și a haltelor comerciale	193
Capitolul V. STUDIUL TRASEULUI	198
V.1. Considerații generale	198
V.2. Proiectarea traseelor libere	203
V.3. Proiectarea traseelor solicitate	205
V.3.1. Lungimea traseelor solicitate	206
V.3.2. Mijloace pentru lungirea artificială a tra- seului	208
V.4. Studiul traseului	209
V.4.1. Documentare	209
V.4.2. Studiul pe hartă	209
V.4.2.1. Studiul preliminar pe hartă	209
V.4.2.2. Studiul detaliat al traseului pe hartă . .	210
V.4.3. Studiul pe teren	222
V.5. Elaborarea proiectului	224
Capitolul VI. COMPARAREA VARIANTELOR	227
VI.1. Principii de compararea variantelor	227
VI.2. Metode de compararea variantelor	231

VI.2.1. Compararea variantelor pe baza indicatorilor tehnico - economici	231
VI.2.2. Metode pentru calculul eficacității economice a variantelor	234
VI.2.3. Alte metode pentru calculul eficacității tehnico - economice a variantelor	254
Capitolul VII. STABILIREA ELEMENTELOR TEHNICE CARACTERISTICE NECESARE PENTRU PROIECTAREA LINIILOR NOI DE CĂLE FERATA SI RECONSTRUIREA CELOR EXISTENTE	
VII.1. Cercetări economice la proiectarea liniilor noi și reconstruirea liniilor existente . . .	261
VII.1.1. Noțiuni privind efectuarea cercetărilor economice	261
VII.1.2. Calculul volumului de transporturi.	266
VII.1.3. Volumul total de transporturi și influența sa asupra proiectării liniilor noi și a reconstruirii liniilor existente	270
VII.1.3.1. Datele de trafic (indicatorii principali) ale activității liniei	270
VII.1.3.2. Rolul datelor de trafic (indicatorii principali) ale activității liniei în proiectarea liniilor noi și în reconstruirea liniilor existente	275
VII.2. Stabilirea rezistenței caracteristice . . .	277
VII.2.1. Influența mărimii declivității maxime a liniei asupra principalelor caracteristici tehnice și economice ale liniilor de cale ferată	277
VII.2.2. Factorii care influențează alegerea mărimii declivității caracteristice	282
VII.2.3. Stabilirea rezistenței caracteristice . . .	284

Capitolul VIII. SPORIREA CAPACITATII LINIILOR DE CALE FERATA. DUBLAREA SI ELECTRIFICAREA LINIILOR DE CALE FERATA	290
VIII.1. Căile de sporire a capacității liniilor de cale ferată	290
VIII.2. Dublarea liniilor simple	298
VIII.2.1. Sporirea capacității căilor ferate prin dublarea liniilor simple.	298
VIII.2.2. Stabilirea nivelului liniei a doua în profilul în lung	305
VIII.2.3. Alegerea părții de care se face dublarea	306
VIII.2.4. Proiectarea liniei duble în profil transversal	310
VIII.3. Electrificarea căilor ferate	314
VIII.3.1. Eficacitatea electrificării căilor ferate	314
VIII.3.2. Elementele unei căi ferate electrice .	317

. o o o .

INTRODUCERE

Calea ferată reprezintă una dintre cele mai complexe lucrări ingineresti. Pentru asigurarea unei exploatare normale este necesar să se execute un număr important și deosebit de variat de construcții și instalații de cale, repartizate pe mai mulți kilometri și realizate adeseori în condiții nefavorabile pentru execuție.

O linie de cale ferată cuprinde următoarele construcții și instalații principale :

a/ Calea cu dezvoltarea corespunzătoare de linii, pentru trecerea înaintea, încrucișări și formări de trenuri (stații și halte de mișcare) ;

b/ Lucrări de artă ca: poduri, podețe, viaducte, tuneluri, ziduri de sprijin etc, necesare pentru asigurarea continuității căii în depășirea obstacolelor naturale;

c/ Construcții pentru urcarea, coborîrea și deservirea călătorilor, păstrarea, încărcarea și descărcarea mărfurilor ;

d/ Instalații de automatizare, centralizare și bloc (SCB) a semnalelor și macazurilor din stații și linie curentă, precum și instalații de telecomunicații (TTR) ;

e/ Construcții și instalații pentru repararea și echiparea materialului rulant motor (locomotive, automotoare) a materialului rulant remorcat (vagoane), instalații de alimentare cu combustibil, energie electrică, apă etc. ;

f/ Construcții de serviciu pentru cazarea personalului.

Pentru ca aceste construcții și instalații să poată fi executate este necesar ca în prealabil să fie corect proiectate.

A proiecta o cale ferată înseamnă a găsi una sau mai multe soluții prin care se stabilesc: emplasamentul, capacitatea și categoria liniei, principalii indicatori tehnico - economici, precum și datele tehnice necesare construirii căii ferate.

De soluția găsită la proiectarea unei linii noi de cale ferată, dublarea liniilor simple sau reconstrucția acestora depinde atât caracteristicile tehnice constructive ale liniei, (lungimea liniei, declivitatea maximă, raza minimă, volumul lucrărilor de construcții etc), cât și caracteristicile tehnice de exploatare ale liniei (tonajul trenului, viteza de circulație, timpul de mers, capacitatea de circulație și de transport etc).

Intrucît de caracteristicile tehnice ale liniei depind în cea mai mare măsură atît cheltuielile necesare pentru construirea, respectiv reconstruirea liniei, cît şi cheltuielile necesare pentru exploatarea acestora, rezultă importanţa deosebită pe care o are stabilirea celei mai judicioase soluţii de proiectare a liniei în ansamblul ei şi a fiecărui element în parte.

Pe de altă parte, de modul de execuţie şi materialele folosite depind: vitezele şi timpii de mers, volumul de mărfuri şi numărul de călători posibil de transportat, confortul şi siguranţa circulaţiei - pe scurt - calitatea liniilor de cale ferată.

În toate ţările exigenţele faţă de liniile de cale ferată cresc continuu şi se manifestă în principal, prin sporirea continuă a volumului de mărfuri transportate, creşterea vitezelor de circulaţie şi reducerea concomitentă a preţului de cost.

În ţara noastră transportul feroviar, împreună cu celelalte ramuri de transport, a înregistrat o creştere continuă. Un ritm susţinut de dezvoltare se prevede şi în viitor. Prin Directivele Congresului al II-lea al P.C.R. cu privire la planul cincinal 1976 - 1980 şi liniile directoare ale dezvoltării economico-sociale a României pentru perioada 1981 - 1990 se prevede "Transportul pe calea ferată va deţine un rol tot mai important în cadrul sistemului de transporturi al ţării. Traficul de mărfuri pe calea ferată va creşte în anul 1980 cu 30 - 32 la sută faţă de anul 1975, iar cel de călători cu 19 - 22 la sută".

Capitolul I

SCURT ISTORIC AL CONSTRUIRII LINIILOR DE CALE FERATA

I.1. Apariția și dezvoltarea căilor ferate

Modul de producție capitalist, care a reușit să producă la sfârșitul secolului al XVIII-lea și începutul secolului al XIX-lea, în unele țări mai dezvoltate din punct de vedere economic, o cotitură în multe sectoare ale producției de mărfuri, nu s-a putut împăca cu vechile mijloace de transport. Volumul mare de produse ale industriei, prelucrarea și folosirea într-o măsură neîntâlnită până atunci a bogățiilor naturale, precum și apariția unor noi piețe de desfacere, au necesitat transportarea unei mari cantități de produse dintr-o parte în alta și, în consecință, au impus o revizuire radicală a mijloacelor de transport.

"Revoluția din modul de producție al industriei și al agriculturii - scria K. Marx - a provocat o revoluție în condițiile generale ale procesului social de producție, adică în mijloacele de comunicație și de transport" și mai departe ... "Mijloacele de transport și de comunicație rămase din perioada manufacturieră se transformă în scurt timp în piedici insuportabile pentru marea industrie, cu viteză febrilă a producției ei, cu producție în masă care o caracterizează, cu permanenta aruncare de mase de capital și de muncitori dintr-o sferă de producție într-alta și cu noua interdependență a pieții mondiale"... "Comunicațiile și transporturile au fost deci cu încetul adoptate modului de producție al marii industrie printr-un sistem de repozare pentru navigația fluvială, de căi ferate ..."x)

Ideea de a înlocui forța de tracțiune animală cu forța de tracțiune mecanică a luat naștere din timpuri foarte îndepărtate.

Matematicianul olandez Simon Steven a construit în anul 1600 un vehicul pe patru roți, de forma unei bărci, pe care a montat un catarg cu pinse și, ajutat de un vânt puternic, a reușit să se deplaseze. Deși această experiență, ca și altele, a fost încununată cu succes, totuși a rămas fără urmări, întrucât vântul are o energie variabilă și omul nu-l poate sili să acționeze după dorința lui.

Au apărut apoi numeroase propuneri de vehicule "automizante" care foloseau "motorul muscular".

Față de necesitățile marelui crescînd de atunci, forța musculară

x) K. Marx, Capitalul, vol. I, ed. a 4-a, Ed. Politică București, 1960, p.398-399.

a omului nu era suficientă. Se simțea nevoia unui alt izvor de forță, mult mai puternic, care să poată fi folosit după dorință. Acest nou izvor de forță s-a dovedit a fi aburul.

În 1769, Nicolas Cugnot construiește o "căruță cu abur". Căruța lui Cugnot, cu trei roți, este considerată strămoșul automobilului de astăzi. În fața roții dinainte, care servea și pentru schimbarea direcției, se găsea un cazan de aramă ce forma căldarea cu vaporii a vehiculului. Căruța cu abur a lui Cugnot era un vehicul greu, putea transporta 3 t cu o viteză de 4-5 km/oră.

Încă cu mult înainte de a descoperi mașina cu abur, oamenii au așezat vehiculul pe șină, obținând astfel un drum neted pe care vehiculul putea să meargă lin și repede. La început șinele se confecționau din grinzi de lemn și erau așezate longitudinal pe cale. Primele șine de lemn au fost folosite în mină, încă în secolul al XIV-lea. Pe ele circulau vagonete de lemn trase de cai.

Șinele de lemn se usau foarte repede, iar vagonetele săreau din jghebul scobit în șine. În a doua jumătate a secolului al XVIII-lea șinele de lemn au fost înlocuite cu șine de fontă, iar roțile vagonetelor au fost prevăzute cu "buze", așa cum se vede la roțile vagoanelor de astăzi.

În unele țări căile ferate cu tracțiune animală erau destul de răspândite, mai ales la transportul cărbunilor și al minereului de fier.

Dezvoltarea transporturilor puna încă de la începutul secolului al XIX-lea problema construirii unei mașini cu abur care să înlocuiască complet tracțiunea animală.

Începutul existenței căilor ferate este considerată ziua de 27 septembrie 1825, când pentru prima dată, pe un drum de șine, a fost dată în exploatare locomotivă cu abur. În această zi în Anglia, pe linia Stockton - Darlington, lungă de 21 km, locomotivă cu abur, construită de George Stephenson (1781-1848) și denumită "Locomotion", a remorcat un tren de 90 t, compus din 34 vagoane, cu o viteză de 24 km/oră. Pe această cale ferată tracțiunea de preferință era cea animală, dar se întrebuinta și locomotivă cu căldare tubulară. Trecerea culmii se realiza, în cazul în care se folosea locomotivă cu abur, prin planuri înclinate cu ajutorul unor mașini cu abur fixe (funicular terestru). Este prima victorie a locomotivei cu abur asupra tracțiunii cu cai.

Un an mai târziu se hotărăște construirea liniei Liverpool - Manchester (51,5 km). La început se preconizase înălțurarea din

exploatare a tracțiunii animale și împărțirea liniei în zece sectoare, urmînd ca tracțiunea să fie făcută cu ajutorul a 21 mașini fixe, ca pe planurile înclinate de pe linia Stockton-Darlington. George Stephenson a recomandat să fie folosită tracțiunea cu locomotivă și, în calitate de șef al lucrărilor, a construit în condiții bune această linie, executînd cîteva lucrări dificile pentru acele timpuri. Linia a fost dată în exploatare la 15 septembrie 1825, hotărînd definitiv avantajul tracțiunii cu abur și al noului mijloc de transport, calea ferată.

Prin apariția căilor ferate, transportul s-a putut pune în deplină concordanță cu modul de producție al marelui industriei.

Transportul are un rol însemnat la transformarea țărilor și a regiunilor slab dezvoltate economic. Istoria construirii de căi ferate arată în mod convingător că, după descoperirea lor, căile ferate s-au răspîndit destul de repede.

Dezvoltarea rapidă a construcției de căi ferate se datorează atât avantajelor însemnate pe care le prezintă transportul feroviar în comparație cu celelalte mijloace de transport - ca preț de cost redus la efectuarea transporturilor, viteze mari de circulație, punctualitate, siguranță și confort în transportul mărfurilor și al călătorilor -, cît și rolului însemnat pe care îl au căile ferate în dezvoltarea economică, politico-culturală și de apărare a statului.

Perioada cuprinsă între anii 1825-1840 este considerată ca fiind începutul construcției de căi ferate în principalele state din lume.

Primele căi ferate construite în lume au avut, o lungime mică, și au folosit forța de tracțiune mixtă (tracțiune animală și cu locomotivă cu abur) sau mașini fixe cu cabluri pe planuri înclinate.

Printre primele căi ferate se pot enumera următoarele :

Anglia	1825 linia Stockton-Darlington, 21 km, tracțiune mixtă,
	1825 linia Liverpool-Manchester, 51,5 km, tracțiune cu abur.
Franța	1828 linia St.Etienne-Andrézieux, 18 km, tracțiune mixtă,
	1833 linia St.Etienne-Lyon, 57 km, tracțiune mixtă,
	1837 linia Paris-St.Germain, 21 km, tracțiune cu abur.
S.U.A.	1832 linia New York-Philadelphia-Chesterton, 64 km, tracțiune cu abur.
Austria	1832 linia Budweis-Linz, 131 km, tracțiune mixtă,
	1838 linia Viena - Wagram, 57 km, tracțiune cu abur.
Rusia	1834 linia Petrograd - Tarskoe Selo (astăzi orașul Pușkin), 27 km, tracțiune mixtă.

Germania 1835 linia Nürnberg-Fürth, 6 km, tracțiune mixtă.
Belgia 1835 linia Bruxelles - Mecheln.
Olanda 1838 linia Amsterdam - Arnhem.
Italia 1839 linia Neapole - Portici, 8 km.

Pentru construirea căilor ferate ca traseu în plan, arta inginerescă avea agonisită destulă experiență din construirea șoselelor. Ca și la șosele se căutau puncte favorabile de trecere a apelor, se evitau terenurile mișcătoare și cele inundabile și se întrebuintau, de regulă, curbe cu raze mici.

În ce privește profilul în lung, primele linii de cale ferată se caracterizau prin declivități mici de 3-4‰, dată fiind puterea mică de tracțiune a locomotivelor. Culmile de separație ale apelor erau trecute, de regulă, pe linia de cea mai mare pantă, prin plane înclinate cu margini fixe (funicular terestru).

Din anul 1840 planele înclinate au fost părăsite fiind înlocuite cu tuneluri de vîrf.

Printre primele linii remarcabile prin soluțiile originale se numesc :

1. Linia Savannah - Charleston (Carolina de Sud) de 218 km, construită în 1833 și care străbate numeroase terenuri mocirloase sau des expuse inundațiilor. Deoarece linia trebuia urgent dată în circulație, și cum nu se putea aștepta tasarea terasamentelor, calea a fost așezată pe un pod continuu de lemn (estacade). După ce linia a fost dată în exploatare, s-a adus cu vagoanele pământul necesar pentru construirea terasamentelor.

2. Linia dublă Boston - Providence, dată în exploatare în 1834, trece peste un golf marin, lat de 1700 m. Pe o porțiune apa este trecută pe o umplutură obisnuită, iar pe rest calea ferată se găsește pe o zidărie de piatră așezată pe piloți bătuți la refuz și rețesați sub nivelul apei.

3. Linia dublă Petersburg - Moscova, construcție remarcabilă, începută în 1843, menită să unească cele două "capitale" ale Rusiei. Linia are o lungime de 644 km, declivitatea maximă 6‰, raza minimă 1066 m. Pornește din Petersburg (cota 8,72 m), trace platoul Valdai la cota 217 m și coboară spre Moscova. Linia are 183 poduri și podete printre care se găsește și podul de peste Verebinsk, lung de 550 m și înalt de 40 m, construit de D. I. Juravski.

Problemele ridicate de proiectarea liniei, ca: orientarea liniei, mărimea declivității și a razelor, numărul de linii, distanța dintre linii, precum și altele, au fost studiate cu multă îngrijire, iar proiectanții au dat soluții avînd în vedere perspectivele de creștere a traficului pe această importantă magistrală. Un timp oarecare, proiectanții liniei (P.P.Melnikov, N.O.Kraft, N.I.Lipin,

D.I. Juravski, M.S. Volkov și S.V. Karbet) au fost criticați pe motivul că au proiectat un traseu aproape în linie dreaptă. Dar după câteva decenii de exploatare, s-a dovedit justetea soluțiilor adoptate de constructorii liniei. Astăzi, datorită volumului mare de trafic dintre Leningrad (fost Petersburg) și Moscova, se realizează economii însemnate în transportul mărfurilor și al călătorilor, tocmai pentru că această cale ferată a fost proiectată astfel încât să fie cât mai scurtă, folosindu-se totodată declivități foarte mici.

4. Linia Semmering (Austria), cu o lungime de 41 km, este prima linie de munte din lume. Această cale ferată are 15 tuneluri (cel mai mare de 1400 m), declivitatea maximă $25^{\circ}/\text{oo}$, raza minimă 190 m și pe 13 km ziduri de sprijin. Linia a fost dată în exploatare în 1854.

5. Linia transcaspiană Uzun Ada - Samarkand (prelungită la Taskent) de 1430 km, străbate deșerturi nisipoase. Vânturile aduc pe linie valuri de nisip de 20-30 m înălțime sau antrenează nisipul de sub cale. Pentru a apăra calea ferată s-au sădit la 40 m de linie arbori acclimatizați.

6. Linia transcaucaziană Tiflis-Poti, construită în anul 1872 și prelungită până la Baku în anul 1883, este o linie de munte. Inițial a fost construită cu o declivitate de $46^{\circ}/\text{oo}$, dar la reconstruirea liniei în anul 1890 declivitatea a fost redusă la $25^{\circ}/\text{oo}$ datorită construirii unui tunel la Suram, lung de 3980 m.

7. Liniiile transalpine care leagă rețeaua de cale ferată din Italia cu cele din Franța, Elveția și Austria, s-au realizat în condiții grele datorită reliefului deosebit de accidentat. La traversarea munților Alpi a fost necesar să fie proiectate și construite tuneluri foarte lungi și anume: pe linia Milano-Berna tunelurile în paralel Simplon I și II (lungime $l = 19\ 802$ m) și tunelul Loetschberg (14 605 m), pe linia Milano-Zürich tunelul St. Gothard (cale dublă, 14.984 m) pe linia Torino-Lyon tunelul Mont Cenis (12.849 m).

8. Linia transsiberiană, are o lungime de 7500 km. Construcția liniei a început de la cele două capete, Celeabinsk și Vladivostok, în anul 1891 și s-a terminat în anul 1903. Linia a fost construită în condiții deosebit de grele deoarece străbate regiuni foarte friguroase și lipsite de căi de comunicații și traversează patru fluvii mari. Pentru prima dată în practica inginerescă trebuiau rezolvate problemele puse

de construcția unei linii în terenuri vegnig înghețate.

Exploatarea primelor căi ferate a demonstrat eficacitatea noului mijloc de transport, obligând statele să se preocupe intens de dezvoltarea construcției de căi ferate. În prima jumătate a secolului al XIX-lea s-au construit numeroase căi ferate în Europa și în Statele Unite. Începând cu a doua jumătate a secolului s-au construit căi ferate și în restul continentelor. Creșterea rețelei de căi ferate și în restul continentelor rezultă din tabelul I.1.

Dezvoltarea rețelei de căi ferate

Tabelul I.1

Anul	1840	1850	1860	1870	1880	1890	1900	1930	1940	1950	1960	1970
Lungimea mii km	8	39	108	210	372	617	890	1205	1250	1315	1345	1350

Astăzi rețeaua de căi ferate din toată lumea cuprinde peste 1.350.000 km.

I.2. Istoricul construirii căilor ferate în România

Istoria construirii căilor ferate arată că, după ce primele căi ferate au fost date în exploatare, răspândirea noului mijloc de transport, în întreaga lume, s-a făcut într-un timp relativ scurt. Răspândirea noului mijloc de transport într-o țară sau alta a depins, în primul rând, de gradul de dezvoltare a capitalismului în țara respectivă.

România a pășit pe calea dezvoltării capitaliste în urma celorlalte state din apusul Europei și, drept consecință, primele căi ferate în țara noastră au fost proiectate și construite mai târziu decât în multe țări.

Istoria construirii căilor ferate în România se împarte în trei etape :

Etapa I începe cu apariția primelor căi ferate și durează până la primul război mondial.

Etapa a II-a cuprinde perioada dintre cele două războaie mondiale.

Etapa a III-a cuprinde perioada după cel de al doilea război mondial.

I.2.1. Construirea căilor ferate în România pînă la primul război mondial

La sfîrșitul primei jumătăți a secolului al XIX-lea, în Moldova și în Țara Românească, interesele capitalismului, care începuse să se dezvolte în sinul vechilor relații de producție, cerea un nou mijloc de transport mai eficace decît cele existente. Pentru dezvoltarea industriei și a comerțului era nevoie să se transporte cantități mari de mărfuri în timp scurt, sigur și cît mai ieftin. În apusul Europei această problemă fusese rezolvată prin introducerea și răspîndirea drumului de fier.

Partizanii drumului de fier din țara noastră, reprezentanți de frunte ai noii societăți, au dus o luptă aprigă pentru a demonstra prin presă și parlament avantajele noului mijloc de transport asupra celor existente. Ei au fost sprijiniți de tînăra burghezie alcătuită din industriști, proprietari de ateliere de manufactură, și mai ales de comercianți - precum și de un număr foarte restrîns de boieri.

Pe de altă parte, bogățiile mari ale României au atras capitalul străin încă din prima jumătate a secolului al XIX-lea și, ca urmare, unele state capitaliste și-au disputat supremația pentru a stăpîni aceste bunuri. Dar pentru a exporta bogățiile, ca: cereale, petrol, lemn și animale, capitaliștii străini aveau nevoie de o largă rețea de căi ferate, capabilă să transporte produse în cantitate mare și, după cum s-a mai spus, repede, sigur și ieftin.

Primele construcții de căi ferate în Țările Române au constituit un prilej de mari afaceri pentru clasele dominante de atunci, care au realizat mari beneficii, concesionînd construcția liniilor ferate unor capitaliști străini.

Din cauza neînțelegerilor asupra profiturilor, între anii 1842-1867, au fost discutate nu mai puțin de 21 proiecte de cale ferată.

Perioada construirii de căi ferate de către societățile străine. În anul 1865, societatea engleză Barkley-Staniforth obține concesiunea liniei București-Giurgiu, care avea ca scop să unească capitala țării cu principala arteră de transport pe atunci-fluviul Dunărea.

Lucrările de construcție la prima cale ferată din Principat au început de la ambele capete decdată, în primăvara anului 1867. Montarea ginelor s-a făcut numai de la Giurgiu spre București, deoarece depozitele de materiale erau la Giurgiu. Linia avea o lungime

de 69,8 km și străbătea un relief ușor, folosind declivități sub 10°/oo și curbe cu raza minimă de 250 m. S-a întrebuintat șina tip 24. Pe întreaga linie se aflau numai șase stații: București Filaret, Jilava, Comana, Băneasa, Frățești și Giurgiu.

Inaugurarea liniei a fost făcută cu mult fast la 19 octombrie 1869. Primele trenuri - două de călători și două de marfă - au realizat o viteză maximă de 45 km/oră, fiind remorcate de locomotive care au fost folosite la trenurile de lucru. Mulți ani după inaugurare, trenurile de persoane pe linia București-Giurgiu au circulat iluminate cu ulei de rapiță, frânate manual și fără să fie încălzite. Pe linie nu se foloseau comunicații telefonice sau telegrafice. Pentru mai multă singuranță nu se circula noaptea. Aceasta este prima cale ferată construită pe teritoriul Principatelor Unite.

În anul 1857, când Dobrogea era încă sub stăpânirea Turciei, s-a început construirea liniei Cernavodă - Constanța, de către societatea John Trevor Barkley. Linia a fost terminată și dată în exploatare în anul 1860.

Începând din anul 1868, construirea căilor ferate trece din mâinile capitalului englez în ale celui german.

La 24 mai 1868 guvernul român a concesionat societății austriece Offenheim construirea căii ferate din nordul Moldovei cu o lungime totală de 222 km. Costul unui kilometru de linie ferată a fost fixat forfaitar la 230.000 lei aur. În timp de trei ani au fost executate trei linii de cale ferată și anume: Burdujeni-Roman, terminată în 1869 (102 km); Pașcani-Iași, terminată în 1870 (76 km) și Veresti-Botoșani, terminată în 1871 (44 km).

După unirea Moldovei cu Țara Românească, s-a făcut simțită din ce în ce mai mult lipsa unei linii ferate care să străbată țara de la un capăt la altul. În 1868 senatul român votează legea pentru construirea liniei Vîrciorova - Craiova - București - Ploiești - Buzău - Brăila - Barboși - Teanuci - Mărăgești - Roman.

În urma presiunilor lui Bismarck, dreptul de a construi s-a acordat unei societăți germane conduse de bancherul Strussberg. Acesta obține, prin contractul încheiat, avantaje însemnate ca: dreptul de a exploata calea ferată timp de 90 de ani, dreptul de a strânge capitalul necesar prin emiterea de acțiuni etc. Statul român se obligă să plătească 270 000 lei aur pentru fiecare kilometru de linie și să suporte deșirurile la capitalul necesar pentru construirea liniei. Linia a fost construită și dată în exploatare pe secțiuni:

În anul 1870, Roman - Tecuci - București (466 km), în anul 1871, București - Pitești (108 km), în 1877, Pitești - Craiova - Vîrsiorova (273 km). La 9 mai 1878 a circulat pe această linie primul tren accelerat între Viena și București. Odată cu linia "principală", aceiași societate a construit alte câteva linii mai scurte ca: Tecuci-Bîrlad, Barboși-Galați, Brăila-Brăila Port și București Nord - București Filaret.

Deoarece beneficiul societății creștea cu atât mai mult cu cît linia avea o lungime mai mare, iar cheltuielile de construcție pentru executarea unui kilometru de cale erau mai mici, societatea Strussberg a făcut tot ce se putea pentru a lungi traseul cît mai mult și pentru a evita construirea unor lucrări de artă costisitoare. În dorința de a realiza profituri cît mai mari, a abătut linia de la direcția ei firească, a evitat lucrările mari de terasamente, precum și construirea unor viaducte și tuneluri costisitoare folosind în schimb declivități mari și curbe de rază mică.

În anul 1875 firma Crawley and Co din Londra obține concesionarea construirii liniei ferate Predeal-Ploiești și Tîrgu Ocna - Adjud. Linia Tîrgu Ocna - Adjud a fost lăsată neterminată, iar cea dintre Predeal și Ploiești a fost terminată în anul 1879 de către firma Guillaux, care preluase lucrarea. La construirea liniei Ploiești - Predeal au lucrat și inginerii Gh. Duca și Ion Gh. Cantacuzino.

În anul 1878, prin construirea liniei Iași-Ungheni, s-a stabilit o legătură între rețeaua de căi ferate din România și rețeaua de căi ferate din Rusia. Această linie a fost concesionată încă din anul 1872 lui Gr. Heliad, care a abandonat lucrarea. Linia a fost terminată de către ingineri români.

Căile ferate construite de societățile străine se caracterizau printr-un preț de execuție ridicat și un nivel tehnic, în general, scăzut. Cu toate că statul român a plătit societății Strussberg 270.000 lei aur pe un kilometru, de fapt costul unui kilometru de linie a revenit la 306.000 lei aur, deoarece, o parte din podurile și terasamentele construite de societate au fost executate necorespunzător din care cauză au fost distruse de ape, iar refacerea lor s-a făcut pe cheltuiala statului român.

Răscumpărarea căilor ferate construite de societățile străine
Primele căi ferate construite de ingineri români. Construirea de căi ferate și exploatarea lor de către societățile străine au

prilejuit acestora să realizeze beneficii fabuloase, care au adus mari nemulțumiri în rândul populației. Inginerii și tehnicienii erau și ei nemulțumiți, deoarece nu puteau obține decât cu mare greutate un loc în corpul tehnic al societății străine. Burghezia autohtonă își manifestă și ea nemulțumirea, deoarece dorea să obțină dreptul de a construi și de a exploata căile ferate. Nemulțumirile au sporit și mai mult, datorită faptului că Germania a condiționat recunoașterea independenței României de răscumpărarea căilor ferate aparținând bancherului Strussberg.

Ca urmare a presiunilor exercitate, guvernul a răscumpărat pe rând căile ferate construite de societățile străine: Strussberg în anul 1880, John Barkley și John Staniforth în anul 1882 și Offenheim în anul 1889. De atunci, proiectarea liniilor de cale ferată a revenit Fie Direcției Generale a C.F.R.¹), fie Ministerului Lucrărilor Publice, iar executarea liniei se făcea în regie, sau de către unele întreprinderi românești.

Operația cea mai dificilă executată de inginerii români, după anularea concesiunilor străine, a fost refacerea liniilor construite între anii 1867-1879 de către societățile străine. Paralel cu refacerea liniilor, inginerii și tehnicienii români au executat numeroase linii noi de cale ferată.

Printre liniile mai importante, construite înaintea primului război mondial, se află :

- Linia Buzău - Mărășești cu o lungime de 90,3 km, proiectată și construită în întregime de inginerii români, în frunte cu Dimitrie Prunșă și Mihail Romniceanu. Construirea liniei a început în anul 1879 și a fost terminată și dată în exploatare la 1 iunie 1881.

- Linia Pitești - Cernavodă, cu o lungime de 20 km, de o însemnătate deosebită, deoarece stabilește o legătură de mare importanță între Marea Neagră și restul țării. Pe această linie se găsește vestitul pod de peste Dunăre de la Cernavodă. Podul a fost construit de ing. Anghel Saligny și are o lungime de 750 m, fiind format din cinci deschideri, din care cea centrală are 190 m, iar restul 140 m. Înălțimea de construcție deasupra nivelului apelor este de 38 m.

- Linia Râmnicu Vâlcea - Rîul Vadului a făcut posibilă stabilirea unei noi legături cu Transilvania. Linia are o lungime de 58 km și se dezvoltă pe malurile Oltului, trecînd lanțul munților

Pz) Prin Decretul nr.1248 din 11/23 aprilie 1880 se înființează Direcția Generală Prunciară a Căilor Ferate Române, pe scurt Direcția Generală CFR.

Jarpați prin cea mai joasă trecătoare (Turnu Roșu este la 275 m deasupra nivelului Mării Negre), ceea ce a permis folosirea unor declivități de 12°/oo. Linia a fost construită de ing. Mihail Romniceanu.

- Linia Adjud - Palanca are o lungime de 104 km și a fost dată în exploatare în anul 1881 cu scopul de stabili o legătură între Moldova și Transilvania. În 1875, societatea Crawley and Co. din Londra obține concesiunea liniei pe porțiunea Adjud - Tîrgu Ocna (51 km), dar nu-și îndeplinește contractul. Linia este terminată de ing. Elie

Radu, care totodată o prelungește pînă la Palanca. Linia străbate un relief muntos și are declivități maxime de 28°/oo și curbe cu rază minimă de 250 m.

În construirea căilor ferate s-au distins o seamă de ingineri români, care au reușit prin lucrările executate, nu numai să egaleze tehnica străinilor, dar s-o și întreacă.

Printre aceștia se aflau M. Romniceanu (1852-1915), Elie Radu (1853-1931), Anghel Saligny (1854-1925), Gheorghe Duca (1847-1899), Ion Gh. Cantacuzino, Dimitrie Frunză.

Sub conducerea lui M. Romniceanu - în afară de linia menționată mai înainte - s-au construit: linia Vaslui-Iași (pe care s-a executat primul tunel din țara noastră - tunelul Bîrnova 236 m), linia Dorohoi-Iași (cu tunelul Epurenii de 942 m), linia Roșiori-Zimnicea, linia Mogoșoala-Gara de Est.

Inginerul Elie Radu a condus lucrările pentru construirea liniilor Tîrgoviște-Pucioasa, Pitești-Curtea de Argeș, Craiova-Galați, Galați-Bîrlad, Adjud-Palanca, Comănești-Moinești, Golești-Cîmpulung, Cîmpina-Doftana.

Sub conducerea lui A. Saligny s-au realizat liniile București-Cernavodă, Buzău-Fetești.

În perioada 1880-1900, inginerii români au construit linii cu o lungime totală de 1802,5 km. Costul mediu al unui kilometru de linie revenea la 150.000 lei aur, ceea ce înseamnă că ei au reușit să construiască căi ferate de două ori mai ieftin decît cele construite de societățile străine. Meritul lor este și mai mare dacă se are în vedere că toate liniile executate sînt de bună calitate, iar unele dintre ele au fost executate în condiții grele topografice, în regiuni muntoase.

Criza economică de la începutul secolului al XX-lea a avut

repercurșiuni asupra ritmului de dezvoltare a construirii de căi ferate. În 10 ani (1900-1910) abia au fost construiți 304 km de cale simplă și 128 km de cale dublă.

În anul 1913 administrația căilor ferate întocmește un program în care se prevede construirea unui număr de 20 de linii cu o lungime totală de 1242 km. Din acest program s-a realizat abia 180 km (14,5%).

Cu cele câteva căi ferate construite în timpul primului război mondial, rețeaua de căi ferate din România cuprindea în anul 1919 aproximativ 4017 km.

Construirea căilor ferate în Transilvania până la primul război mondial. Căile ferate în Transilvania au apărut cu mult înaintea celor din Moldova și Țara Românească și s-au dezvoltat într-un ritm mai rapid. Aceasta este o consecință a faptului că Transilvania, fiind parte din imperiul austro-ungar a pășit mai repede pe calea capitalismului decât Țările Române.

Încă din anul 1846 s-a construit linia Oravița-Răcăjdia-Biserica Albă - Baziaș, cu o lungime de 52 km care la început deservea cu prioritate de cărbune. Această linie a fost dată în folosință publică la 1 noiembrie 1856 și este considerată ca fiind cea mai veche linie de cale ferată din țara noastră.

În anul 1857 s-a construit linia Timișoara-Jimbolia, iar în 1858 linia Timișoara-Vîrșeț. Ambele linii străbat regiuni de șea, din care cauză nu au ridicat probleme tehnice grele.

În condiții topografice grele s-a construit în anul 1863 între Oravița și Anina o cale ferată îngustă. Linia are o lungime de 33 km și a fost normalizată în anul 1913, dar elementele principale ale traseului au rămas aceleași: declivitatea maximă 32‰, curba razei minime de 114 m.

Începînd cu anul 1870, ritmul de dezvoltare a căilor ferate în Transilvania crește foarte mult, astfel încît aproape în fiecare an este dată în exploatare o nouă linie ferată.

În anul 1918 lungimea totală a rețelei de căi ferate din Ardeal cuprindea 5324 km.

1.2.2. Construirea căilor ferate în România în perioada 1918 - 1944

La sfîrșitul primului război mondial, rețeaua de căi ferate a crescut la 11.130 km.

Pentru a completa rețeaua cu noi linii cu toate că s-au întocmit numeroase programe care de care mai frumoase, (programele : Băilescu, Petculescu, Brăteanu, Coteșcu, Leverage etc), totuși ritmul de dezvoltare a noilor construcții de căi ferate a rămas foarte scăzut. Astfel în perioada 1920-1938 s-au construit 274 km, ceea ce revine în medie 15 km pe an. Aceasta dovedește că programele au avut, înaintea de toate, un caracter propagandist.

În perioada 1919-1932 s-au construit abia șase linii: Salonta Mare-Chișinău Criș (38 km), Buhăești (Băcești) - Roman (45 km), Hamangia-Babadag (25 km), Constanța - Eforie Sud (18 km), Brașov - Intorsura Buzăului (30 km), Obor - Pantelimon (7 km) și s-au dublat liniile Adjud - Tecuci (45 km) și Cernavodă - Constanța (61 km).

În anii 1934-1938 se mai construiesc două linii extrem de importante:

- linia Ilva Mică-Vatra Dornei care avea ca scop să stabilească o nouă legătură în nordul țării între Moldova și Ardeal. Linia măsoară 75,5 km, are într-un sens rezistența caracteristică 16 kgf/tf, iar în sens contrar 20 kgf/tf. S-au folosit curbe cu rază minimă de 300 m. Linia cuprinde opt tuneluri cu o lungime totală de 1970 m;

- linia Cîlnic-Caransebeș avea ca scop să lege marele centru metalurgic Reșița cu linia principală București-Timișoara. Linia Cîlnic-Caransebeș are o lungime de 41 km, rezistența caracteristică de 19 kgf/tf și curbe cu rază minimă de 300 m. Pe această linie s-au construit nouă poduri mari, cu o lungime totală de 406 m, un viaduct lung de 190 m și 117 poduri mici cu o lungime totală de 2591 m.

În perioada 1938-1940 ritmul construirii de noi linii a crescut, iar liniile construite, în lungime totală de 293 km, aveau în special un caracter strategic militar.

Paralel cu construirea de linii s-a făcut dublarea unor linii simple pe o lungime de 187 km și astfel, în anul 1940, rețeaua de căi ferate cuprinde 405 km linie dublă.

La începutul anului 1940 lungimea totală a căilor ferate din România număra 11 697 km, din care 10 856 km cu ecartament normal, iar 841 km cale ferată îngustă (ecartament 600-100)²⁾

La sfârșitul celui de al doilea război mondial rețeaua de căi ferate din România avea aproximativ 10 300 km.

x) Anuarul statistic al României 1939-1940, București, 1961.

1.2.3. Construirea căilor ferate după 23 August 1944

La sfârșitul celui de-al doilea război mondial, economia națională se afla într-o situație catastrofală. Volumul producției industriale reprezenta abia 25% din cel realizat înainte de război. Dar cele mai mari pagube de pe urma războiului le-a avut de suportat calea ferată.

Feroviarilor români s-au distins prin abnegația cu care au lucrat la restabilirea comunicațiilor.

Parslel cu refacerea rețelei de cale ferată s-au construit câteva linii noi. Astfel :

- în anul 1945 a fost construită linia Păurei-Tecuci cu o lungime de 90 km.

- La 23 August 1947 a fost dată în exploatare linia București-Roșiori-Craiova cu o lungime de 207 km, care este cu 41 km mai scurtă decât linia București-Pitești-Craiova.

- La 31 octombrie 1948, a fost dată în exploatare linia Bumbesti-Livezeni, care are o importanță deosebită, întrucât stabilește o legătură directă între bazinul carbonifer din Valea Jiului și Oltenia. Linia a fost construită în condiții topografice foarte grele, pe un teren stîncos și se remarcă prin numărul mare de lucrări de artă. Pe o lungime de 31 km au fost construite 37 tuneluri cu o lungime totală de 7,7 km, 109 poduri și podete cu o lungime de 4200 m, 6 pasaje denivelate și 27 viaducte de coastă, care în total au o lungime de 2166 m, precum și numeroase ziduri de sprijin care însumează 2500 m. Declivitatea maximă este 13^o/oo, iar raza minimă a curbelor este de 300 m. Construirea liniei a început în anul 1914, dar pînă la cel de al doilea război mondial au fost executați abia 8 km.

- La 28 decembrie 1948 a fost dată în exploatare linia ferată Telciu-Vișeu, aflată într-o regiune populată, care mult timp a fost lipsită aproape complet de școli, spitale, instituții culturale și de mijloace de comunicații. Linia străbate un relief accidentat, are o lungime de 62 km, rezistența caracteristică 20 kgf/tf, raza minimă 200 m. Au fost construite 103 poduri și viaducte și 5 tuneluri cu o lungime totală de 3460 m. Tunelul principal are o lungime de 2388 m și a fost construit în 22 luni (108 m pe lună), ceea ce reprezintă cea mai mare viteză de străpungere de tunel realizată la noi în țară.

Tot în anul 1948 s-a executat și noua linie dintre Căciulați și Snagov, stabilindu-se astfel o legătură rapidă între capitala țării și frumoasa localitate Snagov.

Poporul român a pornit hotărît pe drumul socialismului, pe drumul industrializării țării, pe drumul transformării socialiste a agriculturii. Pentru a asigura o dezvoltare a tuturor ramurilor de producție s-a trecut la planificarea economiei naționale.

Feroviarul a adus o contribuție deosebită la îndeplinirea și depășirea planurilor, asigurând efectuarea unor transporturi ce depășesc cu mult volumul transporturilor din anul 1938, an cu indicatorii cei mai ridicați până la cel de-al doilea război mondial.

Printre mijloacele care au contribuit la îmbunătățirea condițiilor de exploatare se situează :

- modernizarea parcului de material rulant prin introducerea în exploatare la început a locomotivelor seria 150.000 și apoi a locomotivelor diesel electrice și a locomotivelor electrice, precum și a vagoanelor de marfă de tip nou cu o capacitate de 50 t;

- introducerea la toate trenurile a instalațiilor de frână automată;

- mecanizarea și automatizarea unor triaje importante;

- modernizarea și reconstruirea a numeroase depouri care au fost înzestrate cu instalații perfecționate de echipare și de întreținere a locomotivelor;

- modernizarea atelierelor de reparat materialul rulant;

- modernizarea instalațiilor și extinderea metodelor de întreținere a instalațiilor SCB și TTR. În stațiile cu trafic intens au fost executate instalații de centralizare electromecanică și electrodinamică, pentru efectuarea rapidă a parcursurilor și în vederea sporirii capacității stațiilor și siguranței circulației;

- introducerea șinelor de tip greu (tip 49, tip 50 și tip 60) în cadrul lucrărilor de refacere a liniilor principale. Din anul 1957 s-a început să se execute calea fără joante;

- introducerea în cale începînd cu anul 1949 a traverselor de beton armat precomprimat în locul traverselor tradiționale de lemn;

- dublarea liniilor Filiași-Grațova, Simeria-Hunedoara, Tg. Frumos-Pietrișul, Vinț-Sibot-Ilia, Războieni-Cluj, Brașov-Sopca Mică, Cluj-Oradea, pe tronsoane etc;

- construirea unor linii noi sau variante de îmbunătățire a traseelor actuale ca: Piatra Neamț-Bicaz, Dorobanțu-Betond, Blăjești-Podul Petii, Giurgiu-Bălăneasa, Tismana-Tg. Jiu, Ozana-Craiova, Pașica-Nădlac, Giurgiu-Frontieră, racordarea Golești-Bradul de Sose, Itcani-Păltinoasa, Gura Văii-Toplet; Cîmpulung-Argeșelul, Turseani-Rogozele etc.

- reconstruirea unor linii secundare în artere principale de circulație ca: Sibiu-Vinț, Deda-Sărățel;

- electrificarea liniilor Brașov-Predeal-București, Craiova-Filiuși-Turnu Severin-Căransebeș-Reșița, Filiuși-Petroșani-Simeria-Mintia, Adjud-Ciceu, Brașov-Ciceu etc.

Prima linie electrificată din țara noastră este Brașov - București (primul tronson Brașov-Predeal) s-a dat în exploatare în anul 1965, iar ultimul, Ploiești-București, în anul 1969);

- construirea unor clădiri moderne de călători în stațiile: Brașov, Constanța, Medias, Bîrlad, Predeal, Baia Mare, Orșova etc.

- construirea peste Dunăre, între Giurgiu și Russe, a "Podului Prieteniei", care în momentul de față este cel mai lung pod de cale ferată combinată cu șosea din Europa (1954).

Ca urmare a perfecționării continue a bazei tehnico-materiale a transportului feroviar se înregistrează o îmbunătățire a indicatorilor de utilizare a materialului rulant, care în prezent au atins următoarele valori: rulajul vagoanelor de marfă (3,7 zile), viteza medie comercială a trenurilor de marfă (25 km/h), viteza medie comercială a trenurilor de călători (42 km/h), tonajul mediu al trenului de marfă (1400 tone), ponderea tracțiunii cu locomotive diesel și electrice în volum total de transport (90 la sută).

Ritmul de dezvoltare al rețelei de căi ferate de la construirea primelor căi ferate și pînă în zilele noastre reflectă gradul de dezvoltare social-economică a țării noastre.

În prezent rețeaua CFR de interes public cuprinde peste 11 000 km linii curente, (linia cu ecartament normal reprezentînd circa 10 350 km) din care 800 km linie electrificată și circa 1600 km linie dublă, precum și 5100 km linii în stații și 2800 km linii industriale.

Harta liniilor de cale ferată din țara noastră, cu indicarea anilor de dare în exploatare, este prezentată în figura I.1.

Lungimea și densitatea rețelei de cale ferată din țara noastră în raport cu a altor administrații de cale ferată din Europa, sînt prezentate în tabelul I.2.

Tabelul I.2

Lungimea și densitatea liniilor de cale ferată

T a r a	Lungimea liniilor km	Densitatea rețelei pe 100 km p	Densitatea rețelei la 10 000 locuitori
Austria	5 847	7,0	8,0
Belgia	4 426	14,0	4,4
R.P.Bulgaria	4 243	3,9	5,0
R.S.Cehoslovacia	13 298	10,4	9,2
Danemarca	2 984	5,5	6,8
Elveția	3 161	7,1	4,7
Franta	36 917	6,7	7,3
R.D.Germană	14 393	14,1	8,7
R.F.Germană	29 267	11,9	5,0
Italia	16 391	5,3	3,0
R.S.F.Jugoslavia	10 417	4,1	5,1
Olanda	2 834	7,7	2,4
R.P.Polonă	23 558	8,5	8,2
Marea Britanie	18 567	8,0	3,5
R.S.România	11 023	4,6	5,5
R.P.Ungară	8 238	10,0	9,0
U R S S	134 578	0,6	5,6

I.3. Noțiuni de geografie feroviară

Distribuția liniilor de cale ferată în țara noastră este circulară cu legături radiale. Se disting două inele (unul central și altul exterior) și 7 linii radiale.

Inelul central (Inelul mic) unește următoarele localități: Brașov, Făgăraș, Podul Olt, Sibiu, Vințu de Jos, Teiuș, Răcholani, Luduș, Tg.Mureș, Deda, Ciceu, Sf.Gheorghe, Brașov.

Inelul exterior leagă localitățile: București, Titu, Golești, Pitești, Costești, Piatra Olt, Craiova, Vilișii, Drobeta-Turnu Severin, Orșova, Caransebeș, Lugoj, Timișoara, Arad, Oradea, Satu-Mare, Baia Mare, Jibou, Becluan pe Someș, Salva, Ilva Mică, Vatra Dornei, Suceava, Verești, Dolhasca, Pașcani, Roman, Bacău, Adjud, Mărășești, Poșteni, Buzău, Ploiești, București.

Inelul mare este dublat pe sectorul Verești-București-Craiova prin linia: Verești, Dorohoi, Iași, Buhărești, Crasna, Zorleni, Bîrlad, Tecuci, Făurei, Urziceni, București, Videle, Rogiori, Caracal, Craiova.

Cele 7 legături radiale pornesc din stațiile situate pe inelul mic și unesc următoarele localități :

- linia radială 1: Brașov, Cîmpina, Floiești, București, Giurgiu;
- linia radială 2: Podul Olt, Piatra Olt, Caracal, Corabia;
- linia radială 3: Vințul de Jos, Sibot, Simeria, Subcetate, Petroșani, Tg.Jiu, Filiași, Craiova, Calafat;
- linia radială 4: Vințul de Jos, Sibot, Simeria, Iliș, Radna, Arad;
- linia radială 5: Războieni, Apahida, Cluj, Hușid, Oradea;
- linia radială 6: Deda, Sărățel, Măgharus, Beclean pe Someș, Salva, Vișeu de Jos;
- linia radială 7: Ciceu, Comănești, Tg.Ocna, Adjud, Mărgărești, Tecuci, Barboși, Galați.

Centrul rețelei noastre feroviare este Capitala, de unde trenurile pleacă în 8 direcții, determinînd 8 linii magistrale și anume:

- Magistrala 1: București-Timișoara (distanța București-Craiova poate fi parcursă prin Roșiori sau prin Pitești);
- Magistrala 2: București-Arad (prin Făgăraș);
- Magistrala 3: București-Oradea (prin Sighișoara);
- Magistrala 4: București-Satu Mare (prin Ciceu);
- Magistrala 5: București-Vișani;
- Magistrala 6: București-Iași (prin Păurei);
- Magistrala 7: București-Galați;
- Magistrala 8: București-Constanța.

I.4. Perspectivile construirii de linii noi de cale ferată și ale reconstruirii liniilor existente în țara noastră

Pentru satisfacerea nevoilor materiale și culturale mereu crescînde ale întregii societăți prin Directivele Congresului al XI-lea al PCR, cu privire la planul cincinal 1976-1980 și liniile directoare ale dezvoltării economico-sociale a României pentru perioada 1981-1990, au fost stabilite măsuri privind creșterea și perfecționarea neîntreruptă a producției socialiste pe baza promovării progresului tehnico la nivelul cel mai înalt.

Un nou și puternic avînt se va realiza în toate ramurile economiei naționale. Creșterea în 1980 a producției industriale cu 54-61% față de 1975, a producției globale agricole cu 25-34%, construirea a 2700 de noi capacități industriale și agricole, realizarea unor

investiții centralizate din fondurile statului de aproape 900 de miliarde lei și dezvoltarea accelerată în continuare a industriei a cărei producție va fi în anul 1990 de 6,5-7,5 ori mai mare decât în 1970 și dezvoltarea intensivă a agriculturii astfel ca producția globală agricolă (medie anuală) în perioada 1986-1990 să fie de 1,5-1,8 ori mai mare decât media anuală a perioadei 1971-1975, înseamnă pentru oamenii muncii din transporturi sarcini sporite și de mare răspundere.

Volumul total al traficului intern de mărfuri exprimat în tone-km, urmează să crească până în 1980 cu 30-32% față de anul 1975.

În acest scop se vor lua măsuri pentru continuarea acțiunii de optimizare a transporturilor, creșterea capacității și extinderea proceselor moderne de transport (pachetizare, paletizare, containerizare), lărgirea capacităților de transbordare, creșterea condițiilor speciale de încărcare-descărcare a mărfurilor în transcontainere, accelerarea ritmului de expediție și sporirea vitezei comerciale.

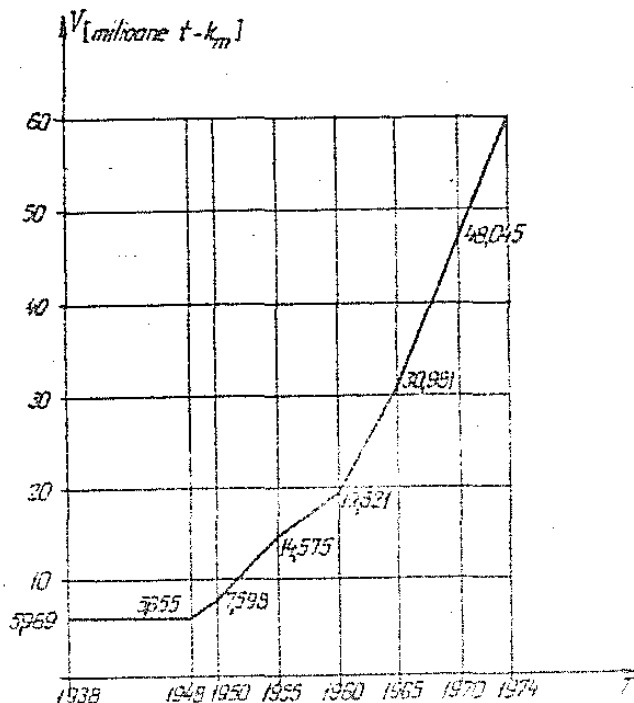


Fig. I.2. Volumul de mărfuri transportate pe calea ferată

În cadrul acțiunii de coordonare a transporturilor interne în țara noastră, transportul pe calea ferată va deține un rol tot mai important. Traficul de mărfuri pe calea ferată va crește în anul 1980 cu 30-32 la sută față de 1975, iar cel de călători cu 19-22 la sută.

Pentru a asigura transportul unei cantități mereu crescînde de mărfuri (fig.1.2) este necesară sporirea capacității de circulație și de transport, în condiții de viteză, confort și deplină siguranță de circulație; aceasta constituie la ora actuală problema cea mai importantă a căilor ferate.

Sporirea capacității de circulație și de transport se poate asigura prin măsuri tehnico-organizatorice și reconstrucția bazei tehnico-materiale a transportului feroviar.

Pentru îmbunătățirea bazei tehnico-materiale a transportului feroviar în perioada 1976-1980 se vor lua următoarele măsuri mai importante :

1. Îmbunătățirea structurii parcului de vagoane prin dotarea căilor ferate cu 60 000-65 000 vagoane de marfă (în echivalent 2 osii) și circa 1 600 vagoane de călători, dormit și restaurant cu confort ridicat (aer condiționat, iluminat fluorescent etc).

2. Perfecționarea parcului de locomotive prin înzestrarea căilor ferate cu circa 400 locomotive electrice și diesel electrice și hidraulice de diferite puteri.

În anul 1975 tracțiunea diesel și electrică reprezintă circa 95% din totalul traficului.

3. Extinderea centralizării electrodinamice a semnalelor și macazurilor din stațiile situate pe liniile cu trafic intens precum și a blocului de linie automat. Acestea creează condiții favorabile pentru introducerea centralizării - sistem dispecer - a stațiilor intermediare, ceea ce va însemna unirea centralizării electrodinamice a stațiilor cu blocul de linie automat. În acest fel, toate operațiile legate de circulația trenurilor se vor executa de la un singur post central, de către un operator - dispecer, care va comanda o întreagă secțiune de circulație. Toate dispozitivele, operațiile și instalațiile de centralizare și telecomandă vor fi proiectate și executate în țară.

4. Extinderea tehnicii noi în toate sectoarele de activitate feroviară prin introducerea repetării semnalelor pe locomotivă, controlul vitezei trenurilor (autostopul), mecanizarea operațiilor

de încărcare - descărcare, mecanizarea lucrărilor grele cu volum mare de muncă din ateliere, depouri, revizii de vagoane.

5. Îmbunătățirea rețelei feroviare astfel ca pe liniile de cale ferată să poată circula un număr cât mai mare de trenuri cu viteze și tonaje mult sporite în condiții de deplină siguranță de circulație; aceasta se poate realiza prin diferite măsuri ca:

- dublarea liniilor simple; în prima etapă se realizează dublarea integrală a liniilor magistrale;

- extinderea electrificării căilor ferate; sînt în curs de electrificare liniile: Caransebeș-Lugoj-Timișoara-Arad, Mintia-Arad, Deda-Sărățel; se preconizează electrificarea liniei București - Constanța, București-Craiova, Suceava- Ilva Mică, Ploiești- Buzău - Mărăgești.

- îmbunătățirea suprastructurii căii prin: introducerea în cale a șinelor de tip greu (60, 65) și a traverselor de beton armat precomprimat, sudarea șinelor, mecanizarea lucrărilor de construcție și întreținere a căii;

- construirea unor linii noi, variante, locale, racordări, linii industriale etc.

Realizarea acestor acțiuni necesită un volum mare de lucrări de construcții care reclamă un corp tehnic bine pregătit, în care inginerul constructor are un rol deosebit de însemnat.

Capitolul II

NOTIUNI DESPRE CAILE FERATE

Părțile principale care alcătuiesc calea sînt: infrastructura și suprastructura căii.

Infrastructura căii este formată din totalitatea construcțiilor destinate pentru realizarea platformei căii și cuprinde: terasamente, poduri, podețe, viaducte, tuneluri, ziduri de sprijin etc.

Suprastructura căii este montată pe platforma căii și este alcătuită din șine, material mărunț de cale, traverse, balast etc; servește la circulația materialului rulant și transmiterea la infrastructura căii a eforturilor provenite din sarcinile mobile.

Poziția căii în plan se caracterizează prin axa căii, față de care se raportează și se măsoară toate distanțele la diferitele puncte aparținînd de construcțiile și instalațiile aferente căii.

Axa căii este linia obținută prin intersecția platformei căii cu suprafața verticală care trece prin punctele situate la mijlocul distanței dintre cele două fire de șină. Axa platformei căii se obține prin unirea punctelor situate pe platformă, la mijlocul distanței dintre marginile platformei căii.

Axa căii este o succesiune de linii drepte și curbe în spațiu.

Pe porțiunile de cale simple în aliniament, axa căii coincide cu axa platformei căii. Axa căii este cunoscută mai ales sub denumirea de traseu; la o linie dublă se distinge cîte un traseu pentru fiecare linie și o singură axă a platformei căii.

Planul cu curbe de nivel pe care este reprezentat traseul constituie planul de situație.

II.1. Elementele liniei ferate în profil transversal, plan de situație și profil în lung

O linie de cale ferată este definită prin planul de situație, profilul în lung și prin profilurile transversale.

Profilul transversal este secțiunea normală pe axa longitudinală a căii. Profilurile transversale ale căii se iau în planuri verticale, deoarece axa longitudinală, avînd o înclinație mică, poate fi considerată o linie orizontală.

Profilurile transversale cuprind toate amenajările situate între limitele de expropriere.

Profilurile transversale de cale ferată se clasifică, în raport cu poziția platformei față de terenul natural, în :

- profiluri transversale de rambleu (fig.II.1)
- profiluri transversale de debleu (fig.II.2)
- profiluri transversale mixte (fig.II.3)

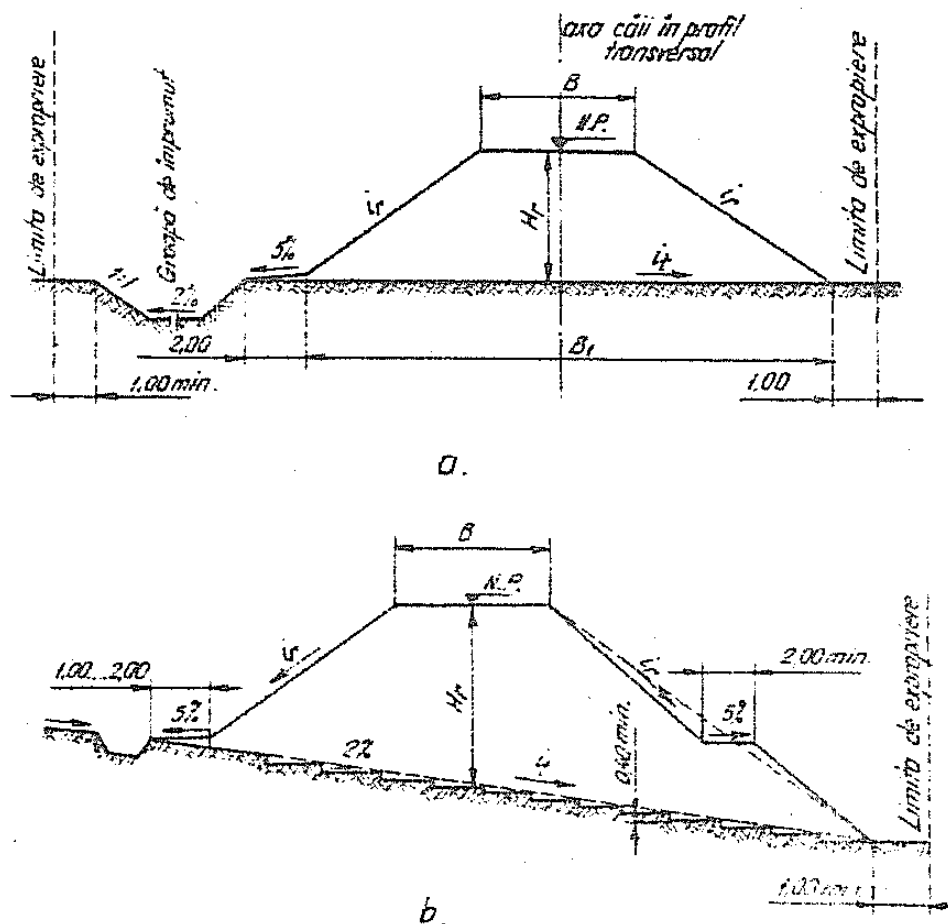


Fig.II.1. Profil transversal de rambleu: a) pe teren de bază avînd penta transversală $i_t \leq 1:10$; b) pe teren de bază avînd penta transversală $i_t > 1:10$

În raport cu condițiile de proiectare și execuție profilurile transversale se clasifică în profiluri tip și speciale.

Profilurile tip sînt acelea care se aplică la terasamente executate din pămînturi obișnuite, în condiții curente și care în practică au dat rezultate bune.

Profilurile speciale se aplică în următoarele cazuri:

- terasamente avînd înălțimi mari,
- debleuri în terenuri cu straturi alternante,

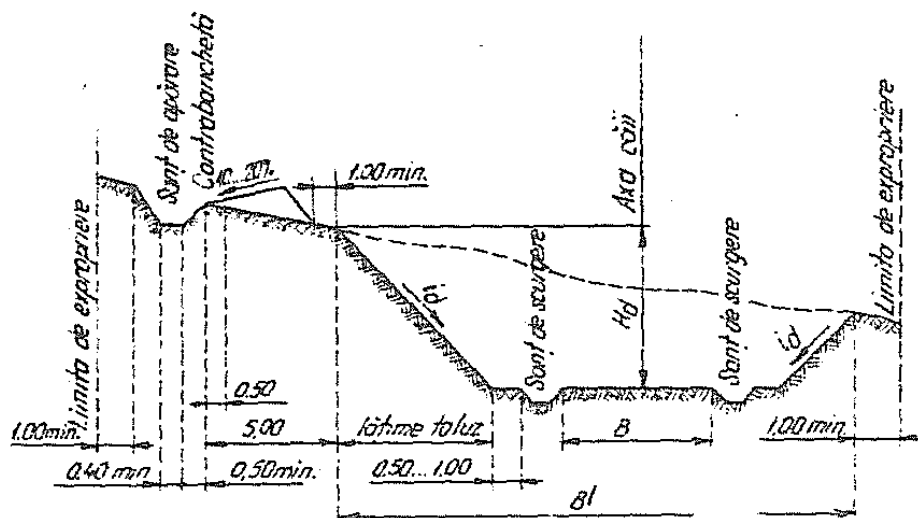


Fig.II.2. Perfil transversal de debleu

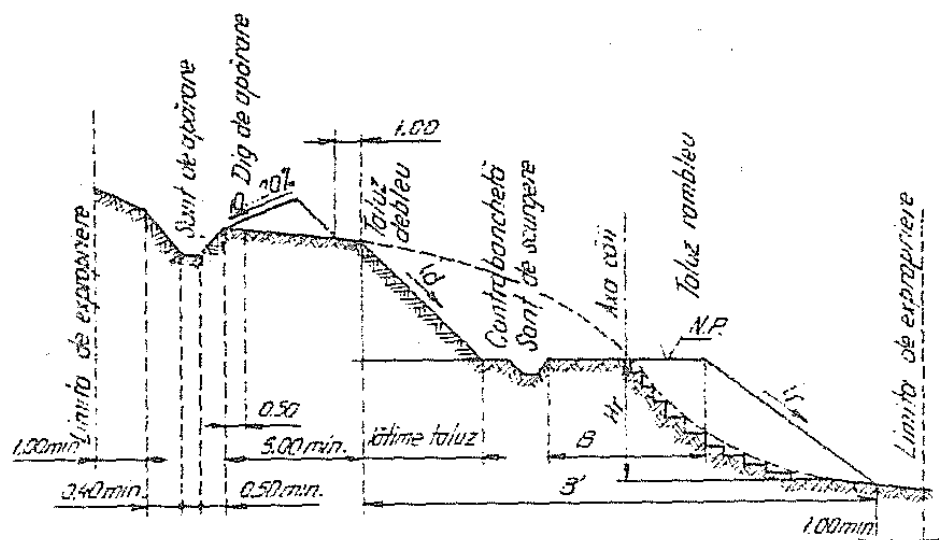


Fig. II.3. Profil transversal alut

- terasamente în roci stâncoase (exemplu fig.II.4);
- terasamente din pământuri argiloase cu indice mare de plasticitate ($I_p > 35$);
- terasamente în regiuni mlăștinoase, inundabile;

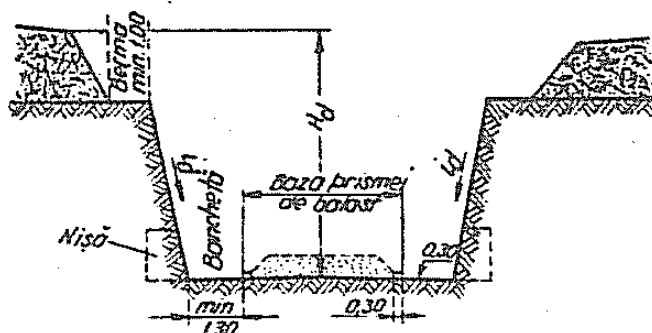


Fig. II.4. Profil transversal special
pentru terenuri stîncase

- terasamente pe versanți cu înclinare mare (peste $\frac{1}{3}$);
- terasamente realizate în condiții speciale (execuție prin hidromecanizare, explozivi etc).

Profilul transversal trebuie conceput astfel încît să fie asigurată colectarea și evacuarea apelor de suprafață și totodată, cînd este cazul, să se țină seama de prezența apelor subterane.

Profilurile transversale tip sînt caracterizate prin următoarele elemente :

- a/ platforma căii;
- b/ stratul de repartiție;
- c/ înclinarea talusurilor;
- d/ bermele și treptele de înfrățire;
- e/ elementele de colectare și de îndepărtare a apelor de suprafață.

Elementele profilurilor transversale se stabilesc în conformitate cu indicațiile cuprinse în STAS 3197/1-71, STAS 3197/2-71, STAS 4067-57, STAS 7582-66 etc.

Planul de situație. Axa căii în planul de situație este formată din părți rectilinii numite aliniamente și părți curbilini (Fig. II.5). Trecerea de pe un aliniament pe altul se realizează cu ajutorul curbilor (racordarea aliniamentelor).

Curbele utilizate la proiectarea liniilor ferate sînt de două feluri: cu raze constante numite curbe circulare (sau curbe primitive) și curbe cu rază variabilă numite curbe de racordare (sau de tranziție intrusoit reprezintă o trecere de la aliniamente la curbe arc de cerc),

sau curbe progresive deoarece pe parcursul acestor curbe, curbura crește progresiv de la zero la o valoare finită.

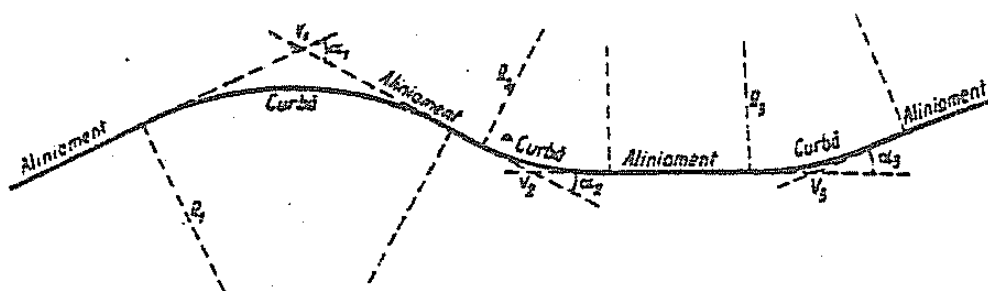


Fig.II.5. Sector de linie de cale ferată

Linia cuprinsă între incintele a două stații, respectiv halte de mișcare se numește linie curentă. Prolungirea liniei curente în stație se numește linie directă; restul liniilor din stație poartă denumirea de linii abătute (fig.II.6).

Limitele incintei unei stații sînt semnalele de intrare sau indicatorile permanente de acoperire.

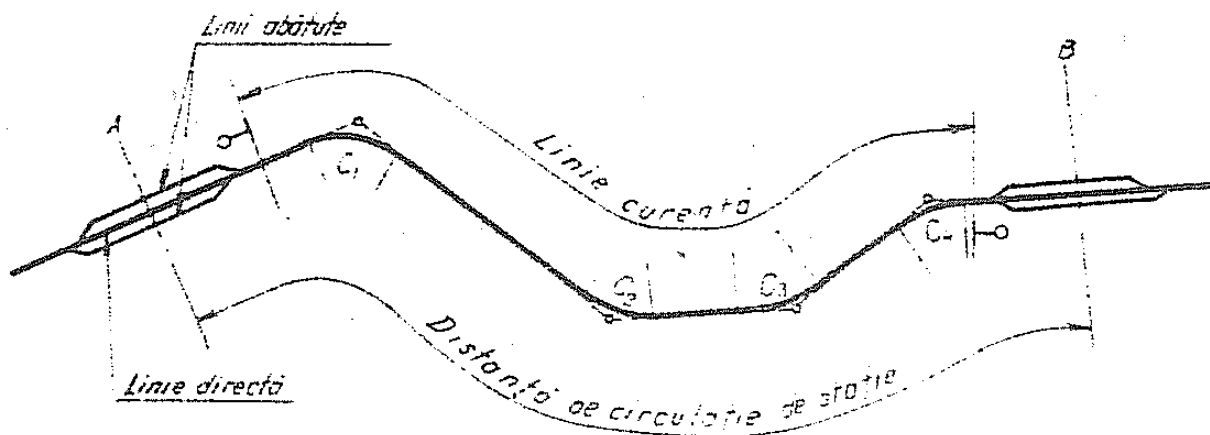


Fig.II.6. Secționarea liniei

Situația în plan a traseului de cale ferată se poate reda schematic - așa cum se va vedea la prezentarea profilului în lung - printr-o linie frântă: aliniamentele se reprezintă prin segmente orizontale iar curbele - în funcție de abaterea lor - se reprezintă prin segmente orizontale decalate, în sus curbele cu abatere în dreapta și în jos curbele cu abatere la stînga (fig.II.7).

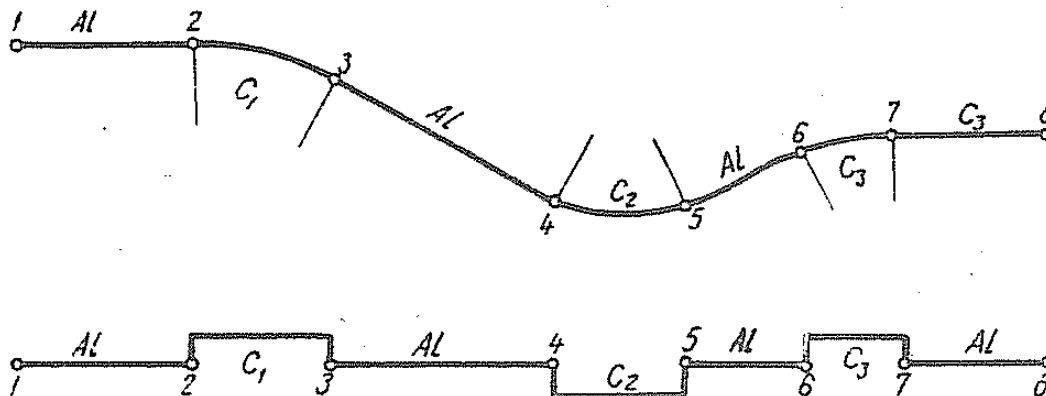


Fig.II.7. Reprezentarea schematică a liniei în planul de situație

Profilul în lung. Intersecția suprafeței verticale care cuprinde axa căii cu suprafața terenului, determină linia terenului; prin desfășurarea suprafeței verticale care conține axa căii și linia terenului, se obțin elementele de bază (axa căii desfășurată pe un plan vertical și linia terenului), care definesc profilul în lung. Axa căii desfășurată în plan vertical poartă denumirea de nivelată sau linie roșie.

Profilul în lung este format din elemente de profil; acestea dau o imagine asupra configurației căii de-a lungul liniei ferate (fig. II.8 a)

Elementele de profil se caracterizează prin mărimea declivității

ții și lungimea elementului de profil.

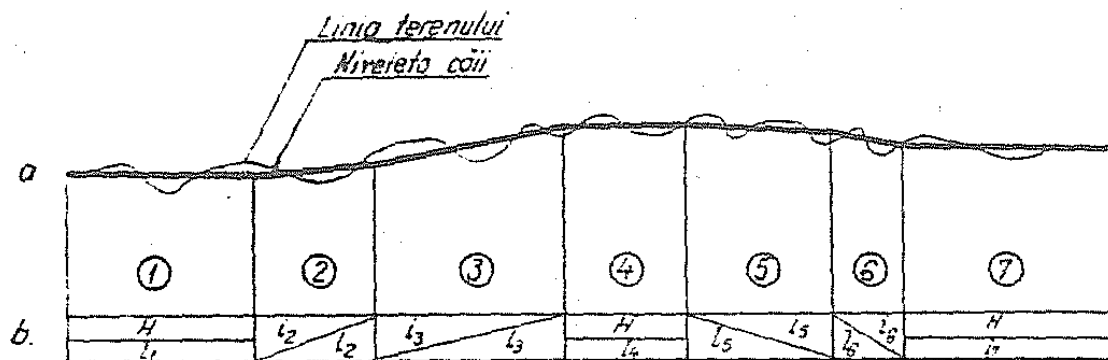


Fig. II.8. Profilul în lung;

- a) Linia terenului și niveleta căii
- b) Reprezentarea schematică a liniei în profil în lung

În calea ferată, declivitățile liniei în profilul în lung se exprimă în miiimi (promile - ‰) și reprezintă diferența de nivel, în metri, dintre două puncte situate la distanța orizontală de 1000m

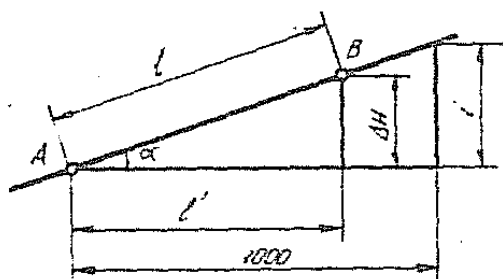


Fig. II.9. Stabilirea declivității liniei în profilul în lung

Deoarece declivitățile liniei în profilul în lung au valori mici (în general sub 20-30 ‰), se poate înlocui distanța între punctele A și B (fig. II.9) cu proiecția acestei distanțe pe un plan orizontal (l'); relația declivității devine :

$$i = \frac{H_B - H_A}{l'} \cdot 1000 = \frac{\Delta H}{l'} \cdot 1000 [\text{‰}] \quad (\text{II.1})$$

Valoarea unei declivități se mai poate determina, fie prin tangenta trigonometrică a unghiului format de axa traseului cu planul orizontal, fie prin raportul dintre unitatea de înălțime și distanța orizontală între două puncte a căror diferență de nivel este egală cu unitatea.

De exemplu:

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,008 = \frac{1}{125} = \frac{8}{1000} = 8\text{‰} \quad (\text{II.2})$$

Declivitatea are un rol important la alegerea traseului unei căi ferate, deoarece este unul dintre elementele principale care determină capacitatea de circulație și de transport a liniei, lungimea traseului, volumul lucrărilor de construcții și siguranța circulației.

În raport cu sensul de circulație declivitățile liniei în profil în lung sînt de două feluri: rampe și pante. Rampele sînt declivitățile pe care trenul le parcurge urcînd, iar pantele sînt declivități pe care trenul le parcurge coborînd. Declivitățile în rampă pentru un anumit sens de circulație, devin declivități în pantă pentru celălalt sens de circulație.

Rampele se mai numesc declivități pozitive și se notează cu semnul plus (+), iar pantele sînt cunoscute și sub denumirea de declivități negative și se notează cu semnul minus (-).

Declivitatea de valoare zero se numește paliere.

Elementele de profil se racordează cu arcuri de cerc, cu raze foarte mari, numite și curbe de racordare a declivităților sau curbe în plan vertical.

Profilul în lung se reprezintă schematic prin două drepte paralele între care se delimitează elementele de profil, proporțional cu lungimea acestora (fig.II.8 b). Declivitățile se sugerează prin segmente înclinate iar palierele prin segmente orizontale. Mărimea declivității și lungimea elementului de profil se trec deasupra, respectiv dedesubtul acestor segmente de declivitate.

II.2. Elementele suprastructurii căii

Suprastructura este partea din construcția unei căi ferate, care se găsește deasupra platformei căii și care cuprinde: șinele cu materialul mărunț de cale, traversale, stratul de balast și apărute de cale.

Suprastructura căii trebuie să constituie un sistem elastic care să amortizeze solicitările dinamice provocate de materialul rulant în mișcare.

Alețuirea suprastructurii căii depinde de: ecartamentul căii (normal, îngust), categoria liniei (linie magistrală, principală, secundară, industrială), numărul de linii, (simplă, dublă), specificul sectorului de cale (aliniament, curbă, declivități mari, pod, tunel, canale de revizie etc).

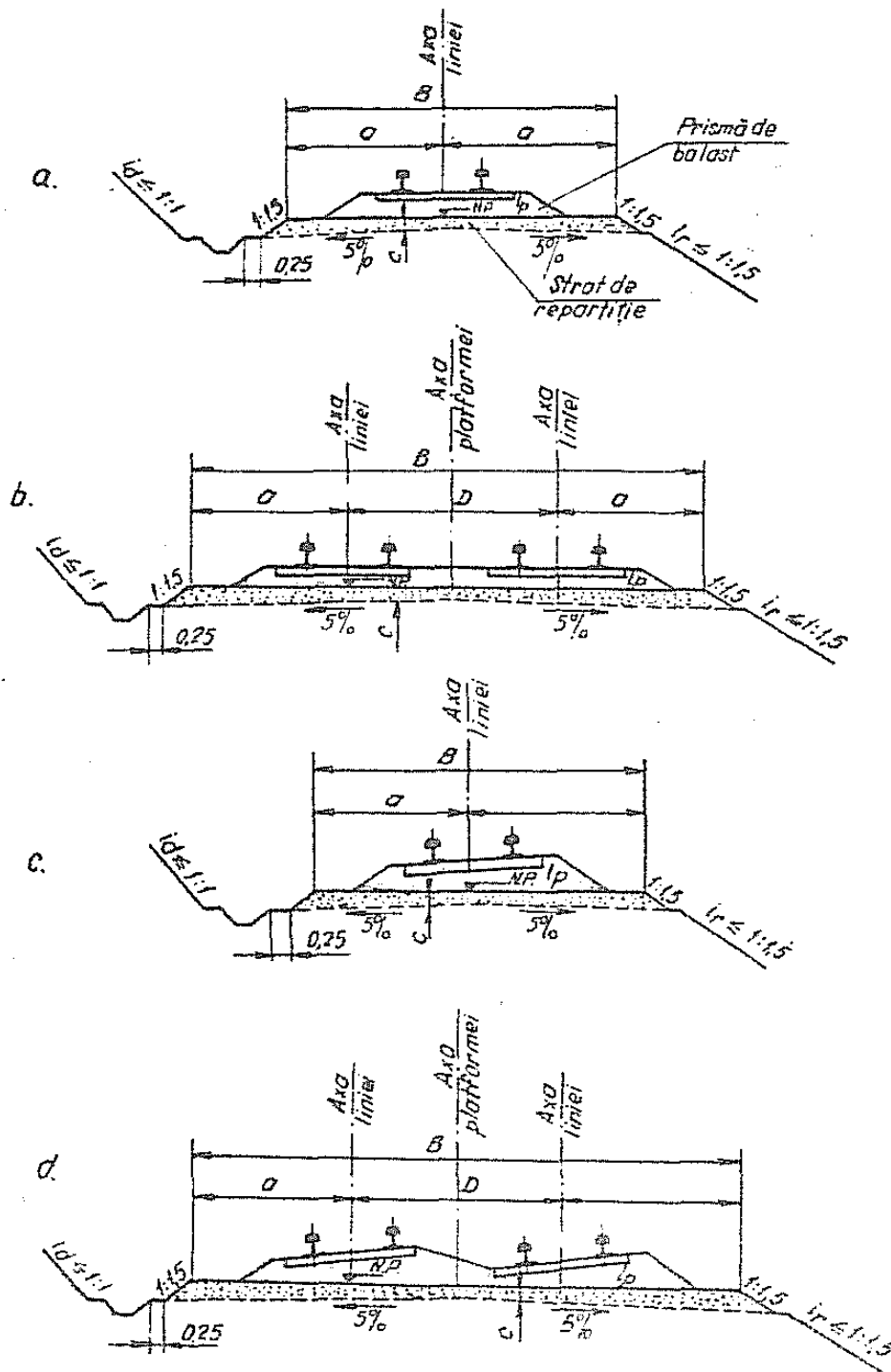


Fig. II.10. Suprastructură de cale ferată; a) cale simplă în aliniament; b) cale dublă în aliniament; c) cale simplă în curbă; d) cale dublă în curbă

Tipul de suprastructură folosit cel mai frecvent este format dintr-un cadru șine-traverse (șine prinse de traverse cu ajutorul materialului mărunț de cale), având traversele înglobate în prisma de balast (fig.II.10).

Sinele au rolul să susțină roțile materialului rulant, să transmită sarcinile la celelalte elemente ale căii și să asigure ghidarea roților materialului rulant pentru ca acestea să urmărească traseul liniei.

Șinele de cale ferată se fabrică dintr-un oțel special. Pe majoritatea rețelilor de cale ferată se folosește șina model Vignole al cărui profil este prezentat în fig.II.11.

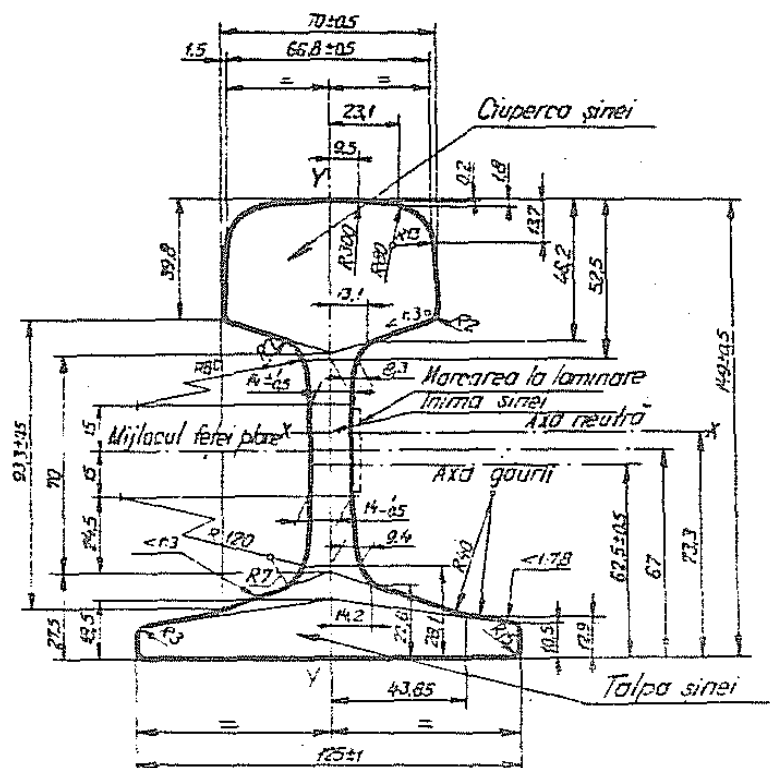


Fig.II.11. Profil de șină de cale ferată (tip 49)

Profilul și dimensiunile caracteristice depind de tipul de șină, determinat de masa pe metru liniar. Pe rețeaua CFR se folosesc în mod curent șine tip 34,5, 40, 45, 49. În ultimii ani s-au introdus în cale șine tip 54 și tip 60 și sînt în studiu introducerea

șinelor grele de tip 65.

Traversele au rolul să preia și să transmită presiunile date de șină către balast și totodată să mențină lărgimea căii.

Traversele trebuie să îndeplinească anumite condiții și anume: să fie rezistente, elastice, să asigure o prindere bună și simplă și o aderență mare la stratul de balast.

După materialul din care sînt confecționate, traversele sînt de mai multe feluri: traverse de lemn (stejar, gorun, fag, salcîm, ulm), traverse de beton armat precomprimat și traverse metalice.

După destinația lor, traversele pot fi de mai multe tipuri: traverse pentru linie curentă numite traverse normale (cu lungimi 2,3 - 2,6 m); traverse speciale pentru schimbătoarele de cale (l = 2,8 - 4,8 m) și pentru poduri.

Materialul mărunt de cale servește la fixarea șinelor de traverse, imbinarea șinelor între ele și la împiedicarea fugirii șinelor.

Fixarea șinelor de traversă se realizează cu ajutorul unor construcții cunoscute sub denumirea de prinderi. Pentru realizarea prinderilor se folosesc: crampoane, tirfoane, plăci suport, clești, șuruburi verticale, inele resort, plăcuțe elastice și electroizolante.

Imbinarea șinelor între ele la capete, se realizează fie cu ajutorul ecliselor, (joante eclisate), fie prin sudarea capetelor de șină (joante sudate).

La joantele eclisate se folosesc: eclise, șuruburi orizontale de imbinare, inele resort.

Pentru a se împiedica fugirea șinelor și a traverselor în lungul căii se folosesc dispozitive speciale cunoscute sub denumirea generică de dispozitive contra fugirii.

Balastul este stratul de material care se așază pe platforma căii cu scopul de a se asigura stabilitatea cadrului șine-traverse și transmiterea presiunilor de la traversă la platforma căii pe o suprafață mai mare.

Prisma de balast se realizează din diferite materiale ca: piatră spartă, pietriș ciuruit sau neciuruit, criblură, split, nisip sau în unele cazuri sgură metalurgică.

Forma și dimensiunile prisme de balast variază în funcție de: ecartamentul căii, categoria liniei, specificul sectorului de linie, destinația liniei, felul traverselor, felul materialului folosit etc.

La o cale ferată normală, simplă, dimensiunile caracteristice ale prisme de balast sînt: lățimea prisme de balast la nivelul superior al capetelor traversei ($l = 2,90 - 3,30$ m); grosimea

stratului de balast sub talpa traversei în dreptul şinei ($h = 25-35$ cm); înclinarea taluzului prisme de balast ($i = 1/1,5-1-1/1,25$)

Aparatele de cale servesc la ramificarea şi încrucişarea liniilor de cale ferată.

După destinaţie, aparatele de cale sînt de 4 categorii:

- schimbătoare - servesc pentru ramificarea la acelaşi nivel a două sau mai multe linii de cale ferată;

- inimi izolate - servesc pentru ramificarea la acelaşi nivel a unei linii; în cazul liniilor combinate, avînd trei fire în secţiune transversală;

- traversări - servesc la încrucişarea a două linii de cale ferată simplă fără posibilitatea de trecere a vehiculelor de pe una pe cealaltă (traversări simple), sau cu această posibilitate, traversări cu joncţiune;

- bretele - servesc la legarea a două linii paralele, simple, de acelaşi ecartament.

Dintre aparatele de cale, cel mai des întîlnit este schimbătorul simplu.

Schimbătorul simplu de cale (fig.II.12) este format din patru părţi: macazul (A), inima de încrucişare (B), şinele de legătură (C) şi dispozitivul de acţiune a macazului (D).

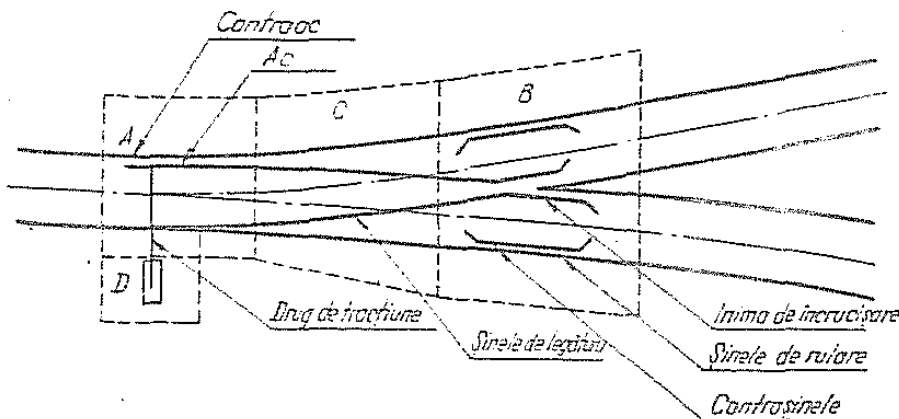


Fig.II.12. Schimbător de cale simplă

Macazul cuprinde o pereche de piese mobile numite ase şi o pereche de piese fixe, spre exterior numite contraase.

Prin manevrarea macazului se asigură dirijarea roților materialului rulant pe linia directă sau pe linia deviată. Macazul poate fi construit cu ace cu articulație sau ace flexibile.

Inima de încrucigare este alcătuită din inima propriu zisă și ginele de rulare cu contrașine.

Șinele de legătură sînt formate din două șine drepte corespunzătoare liniei directe și alte două șine curbe corespunzătoare liniei în abatere.

Datorită scărilor la care se întocmesc planurile de situație nu se pot desena toate elementele aparatelor de cale, de aceea pe planurile de situație, aparatele de cale se reprezintă schematic.

Marca de siguranță se așază acolo unde distanța între axele liniilor directe și abătute este de minimum 3,5 m măsurată pe perpendiculă ducă pe una din cele două linii. Materializarea mărcii de siguranță se face prin șină, traversă de distanță, piatră cioplită.

Marca de siguranță determină lungimea utilă a liniilor din stație.

II.3. Clasificarea căilor ferate

Liniile de cale ferată se împart - în funcție de un anumit criteriu - în diferite categorii și clase, după cum urmează :

1. În raport cu poziția căii față de nivelul terenului se deosebesc: căi ferate la nivelul terenului, căi ferate subterane și căi ferate aeriene (c.f. pe viaducte și c.f. suspendate).

2. În raport cu felul reazemului de sub talpa șinei se deosebesc: căi ferate cu longrine, căi ferate cu dale, și căi ferate cu traverse.

3. În raport cu relieful străbătut se deosebesc: căi ferate de munte (declivități mari, peste 12°/oo și curbe cu raze mici $R = 200-300$ m), căi ferate de deal (declivități de 6-12°/oo și curbe cu raze minime de 300-1000 m) și căi ferate de șes (declivități mici, sub 6°/oo și curbe cu raze mari, peste 1000 m).

4. În raport cu ecartamentul^{x)} căii se disting: căi ferate normale, căi ferate largi și căi ferate înguste.

Căile ferate normale au ecartamentul de 1435 mm. Acest ecartament a fost acceptat de majoritatea administrațiilor de cale ferată la Conferința Internațională de la Berna (1887). Liniile de

x) Prin ecartament se înțelege distanța cuprinsă între cele două fire de șină măsurată în aliniament între fețele interioare ale ciupercii șinei la 14 mm sub nivelul planului de rulare.

cale ferată normală reprezintă circa 70% din totalul liniilor ferate din lume.

Căile ferate largi au ecartamente mai mari decât 1435 mm. Ecartamentul larg diferă și are următoarele valori : 1524 mm (în URSS), 1600 mm (Australia, Brazilia, Islanda), 1670 mm (Spania și Portugalia), 1676 mm (Argentina, Chile, India).

Căile ferate înguste au ecartamentul mai mic decât 1435 mm. Ecartamentul îngust se întâlnește pe întreaga rețea feroviară de interes public a unor țări, sau doar la unele linii cu trafic redus. În țara noastră acest ecartament se folosește, în special, la liniile de cale ferată industrială, miniere, forestiere, de șantier și are diferite valori: 1000 mm (pe linia electrică Arad-Ghioc-Pîn-cots), 760 și 600 mm.

Ecartamentele mai mici de 600 mm sînt folosite pe liniile cu caracter provizoriu.

Rețeaua mondială de căi ferate cuprinde peste 90 tipuri de ecartamente.

Utilizarea unor ecartamente diferite în cadrul aceleiași rețele naționale de căi ferate prezintă unele avantaje (cheltuieli de construcție reduse), dar în același timp creează dificultăți legate de exploatarea liniilor și în special de transbordarea mărfurilor.

5. În raport cu numărul de linii se deosebesc căi ferate cu linie simplă, căi ferate cu linie dublă, căi ferate cu linii multiple.

6. În raport cu destinația se deosebesc: căi ferate de interes public, căi ferate industriale etc.

7. În raport cu traficul și viteza maximă a trenurilor se deosebesc: căi ferate principale și căi ferate secundare. Anumite linii principale de importanță deosebită sînt denumite linii magistrale. Clasificarea liniilor de cale ferată în raport cu traficul și viteza maximă a trenurilor se stabilește prin ordinul emis de conducerea căilor ferate pentru liniile existente și prin tema de proiectare pentru liniile ce urmează să fie proiectate.

II. 4. Gabarite de cale ferată

Spre deosebire de vehiculele rutiere, materialul rulant de cale ferată, în mișcarea sa de-a lungul căii, trebuie să fie ghidat astfel încît să nu părăsească suprafețele șinelor pe care rulează.

Pentru ca materialul rulant care circulă pe calea ferată să nu atingă alte construcții sau vehicule ce se află în apropiere sau pe liniile vecine, au fost stabilite spații ce trebuie să rămînă libere

în lungul căii numite gabarite.

Gabaritele de cale ferată sînt contururile care marchează limitele admise la construirea materialului rulant, pentru încărcarea vagoanelor deschise, sau limitele admise de apropiere a construcțiilor și a instalațiilor pentru a asigura spațiul liber de trecere în condiții de siguranță atât pentru materialul rulant cît și pentru construcțiile și instalațiile respective.

Gabaritele se clasifică, după destinație, în: gabarite de material rulant și gabarite de liberă trecere.

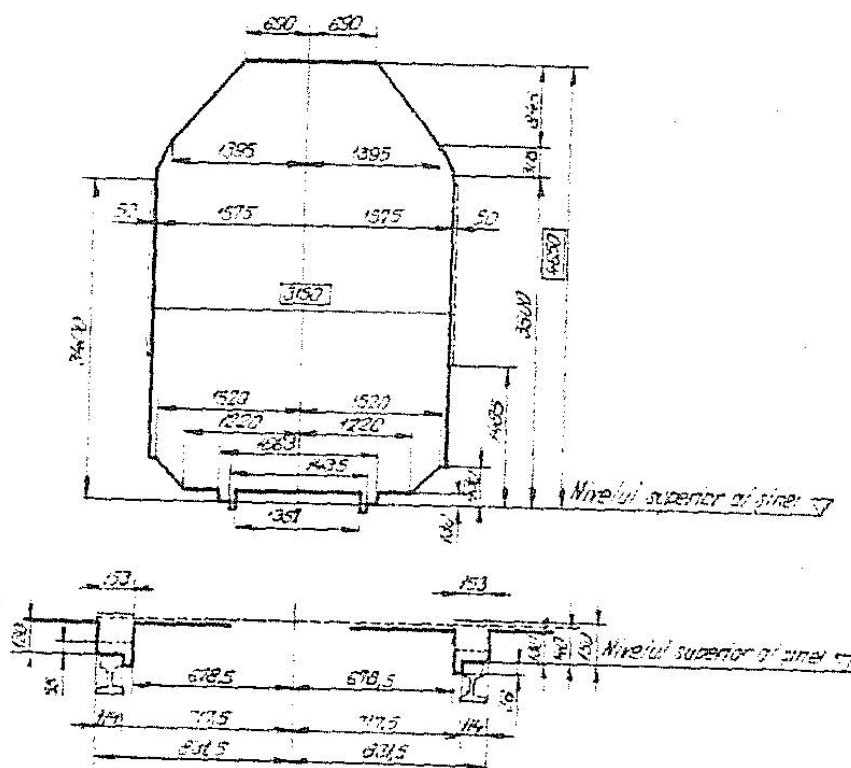


Fig.II.13. Gabarit de material rulant
a) gabarit de încărcare CFR pentru vagoane

Gabaritele de material rulant CFR (pentru vagoane și locomotive) sînt prezentate în fig.II.13.

Gabaritul valabil pe toate liniile de cale ferată cu ecartament normal se numește gabarit internațional (passapartout).

Gabaritul de liberă trecere reprezintă conturul care determină spațiul transversal liber minim care trebuie să fie asigurat pe toată lungimea liniei pentru trecerea materialului rulant în deplină siguranță și cu orice viteză. Gabaritul de liberă trecere trebuie să fie respectat: pe poduri, la pasaje denivelate, în tuneluri, la construcții anexe căii (clădiri, rampe de încărcare, cheiuri etc), instalații de cale (semnale, bascula pod, coloane hidraulice etc), la montarea schelelor pentru executarea lucrărilor sub circulație, depozite de materiale. Rezultă că în gabaritul de liberă trecere, afară de materialul rulant, nu trebuie să intre nici o parte a construcțiilor și instalațiilor fixe; fac excepție numai instalațiile și vehiculele care prin modul lor de funcționare impun depășirea gabaritului de liberă trecere (frînele de cale în stare de lucru, instalațiile liniei de contact, rampele magazilor, elevatoarele de cărbuni, instalații de alimentare cu nisip, plugul de săpădă etc), cu condiția ca aceste instalații să fie astfel amplasate încît să nu vină în contact decît cu

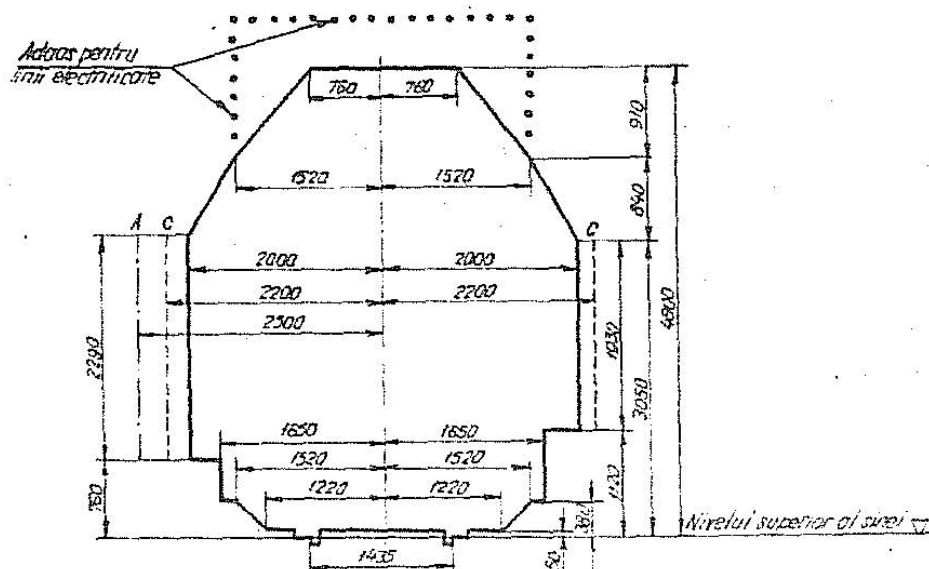


Fig.II.14. Gabarit de liberă trecere CFR pentru construcțiile existente

acele elemente ale materialului rulant asupra cărora ele trebuie să acționeze.

Spațiul cuprins între gabaritul de încărcare și cel de liberă trecere trebuie să fie lăsat liber.

Gabaritele de liberă trecere CFR sînt de două feluri :

- Gabarit de liberă trecere CFR pentru construcțiile existente care reprezintă gabaritul admis la lucrările de artă, construcțiile și instalațiile existente înainte de 1.7.1959 (fig.II.14).

- Gabaritul de liberă trecere CFR pentru construcții noi pe linii care nu se prevăd a fi electrificate, reprezintă conturul transversal limită în exteriorul căruia trebuie să fie amplasate construcțiile și instalațiile noi cu caracter definitiv (fig.II.15).

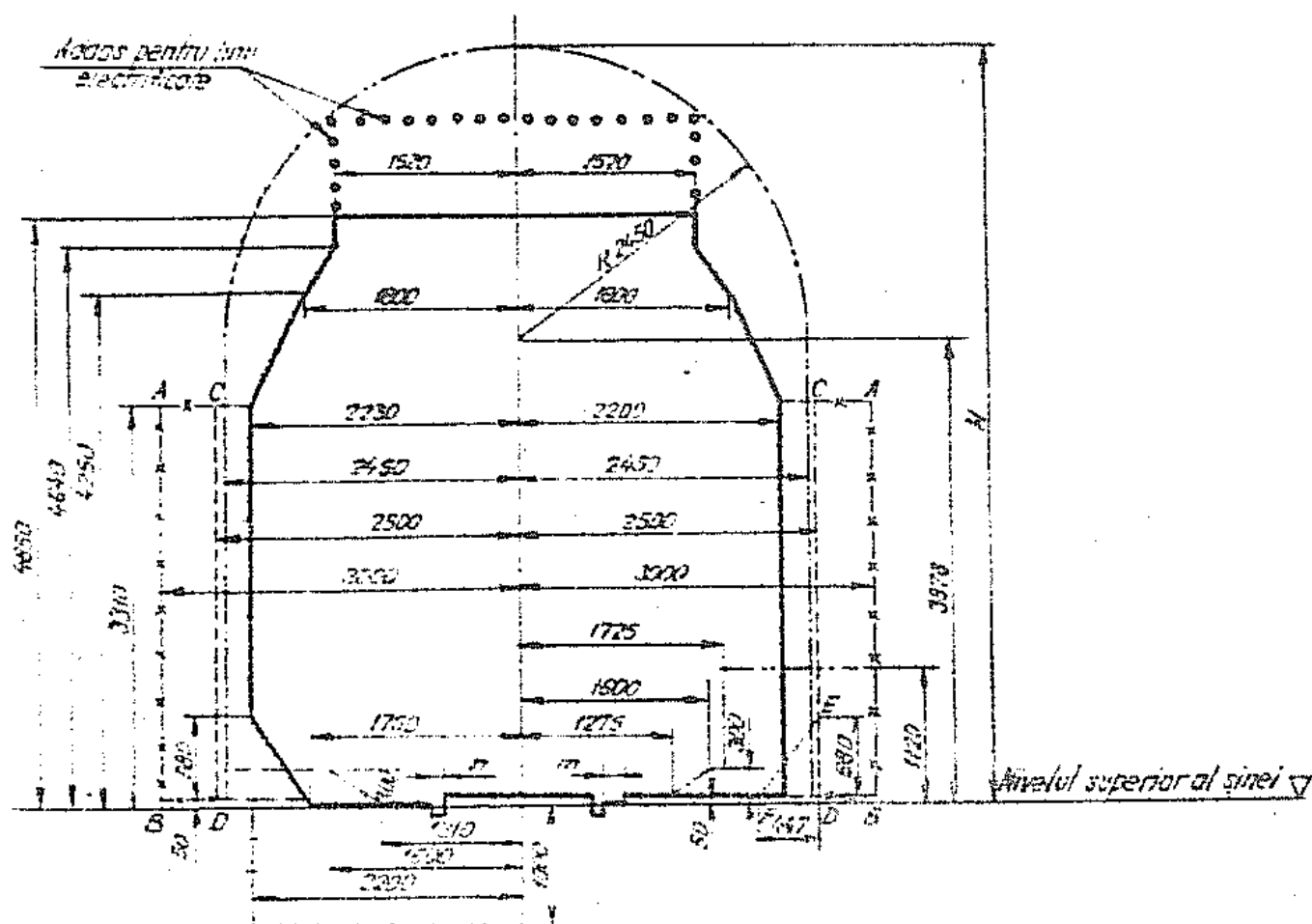


fig. II. 15. Gabarit de liberă trecere CFR
pentru construcțiile noi

Gabaritul de liberă trecere pentru liniile normale cu tracțiune electrică se numește gabarit de electrificare.

Dimensiunile gabaritului depind de ecartamentul căii,

și tipul de gabarit; aceste valori sînt standardizate: STAS 4392-68 pentru căile ferate normale și STAS 4531-57 pentru căile ferate înguste.

Distanța între axele liniilor duble sau între axele a două linii simple vecine paralele, în linie curentă în aliniament, trebuie să fie de cel puțin 4 m. La liniile triple (linie dublă vecină cu o linie simplă) și cvadruple, distanța între axele liniei a doua și a treia în aliniament trebuie să fie cel puțin 5 m.

Gabaritul pe sectoarele de linie în curbe se sporește în raport cu cel din aliniament; datorită particularităților realizării căii în curbă (supralărgirea și supraînălțarea căii) este necesar să se asigure un spațiu suplimentar pentru trecerea nestîngherită a materialului rulant.

Din cele arătate rezultă că vehiculele care circulă pe calea ferată, încărcate sau goale, nu trebuie să depășească cu nici o parte a lor gabaritele materialului rulant, iar construcțiile și instalațiile situate lângă calea ferată nu trebuie să depășească cu nici o parte a lor limitele gabaritului de liberă trecere.

Verificarea gabaritului se realizează cu instalații care materializează gabaritul. Se deosebesc instalații de verificat gabaritul, fixe (porțile de gabarit) și mobile.

Gabaritul fix este o construcție în stație care servește la verificarea gabaritului de încărcare a vagoanelor deschise, încărcate cu mărfuri voluminoase. Este format din doi stâlpi metalici sau din lemn, legați la partea superioară printr-o grindă transversală, de care sînt suspendate vergele sau plăci metalice ale căror vîrfuri corespund cu conturul gabaritului de încărcare.

Gabaritul mobil se construiește pe un vagon platformă pe care se montează o ramă de control confecționată din tablă, avînd părțile laterale rabatabile; partea fixă a ramei determină gabaritul de încărcare, iar vagonul cu părțile laterale rabatabile determină gabaritul de liberă trecere. Acest gabarit numit și gablon de control, este folosit la verificarea podurilor și tunelurilor în vederea respectării pe toată lungimea lor a gabaritului de liberă trecere.

II.5. Secționarea liniilor de cale ferată.

Punctele de secționare

Pentru a se putea organiza circulația simultană a mai multor trenuri pe aceeași linie, precum și pentru a se asigura o capacitate de circulație corespunzătoare cu volumul necesar de transporturi,

rețeaua de cale ferată, respectiv liniile de cale ferată se secționează prin așa zisele puncte de secționare.

În raport cu funcția pe care o îndeplinesc, punctele de secționare sînt de mai multe feluri: stații, halte de mișcare, posturi de reavizare în linie curentă, posturi ale blocului de linie semi-automat, semnale luminoase de trecere ale blocului de linie automat.

Stațiile sînt puncte de secționare care asigură circulația trenurilor și deservesc traficul de mărfuri și călători. Cele mai răspîndite stații sînt: stațiile intermediare, stațiile tehnice și stațiile de triere (traje).

Stațiile intermediare - cel mai frecvent întîlnite pe rețeaua feroviară - permit efectuarea următoarelor operații : încrucișări și treceri înainte de trenuri, îmbarcarea și debarcarea călătorilor, primirea, păstrarea și eliberarea bagajelor, încărcarea-descărcarea și păstrarea mărfurilor, atașarea și detașarea la trenuri a vagoanelor goale sau încărcate.

Limitele incintei unei stații sînt semnalele de intrare sau indicatoarele permanente de acoperire.

Pe liniile duble, semnalele de intrare ale liniilor, delimitează incinta stației pentru ambele linii.

Haltele de mișcare sînt puncte de secționare avînd linii destinate numai pentru încrucișări și treceri înainte de trenuri, iar în caz de necesitate și pentru efectuarea unui volum redus de operații în legătură cu traficul de călători.

Post de reavizare în linie curentă se numește punctul de secționare fără linii de garare, deservit de un impiegat de mișcare și care contribuie la sporirea capacității de circulație a liniei.

În unele cazuri, între punctele de secționare mai pot exista în linie curentă: posturi ajutătoare de mișcare, halte comerciale, puncte de oprire; acestea nu sînt puncte de secționare întrucît nu contribuie la sporirea capacității liniei, avînd altă destinație și anume :

- posturile ajutătoare de mișcare sînt destinate în general pentru deservirea punctelor de joncțiune ale liniilor ramificate în alte direcții de mers;
- haltele comerciale - destinate pentru deservirea unui trafic redus de mărfuri;
- puncte de oprire în linie curentă - destinate pentru urcarea și coborîrea călătorilor.

Posturile blocului de linie semiautomat secționează distanța de stație prin axa catargului semaforului de trecere, pe liniile prevăzute cu bloc de linie semiautomat, de regulă liniile cu un trafic redus. Instalațiile de bloc de linie semiautomat trebuie să realizeze dependența între semnalele a două stații vecine, astfel încât să fie interzisă expedierea unui tren atâta timp cât linia curentă între cele două stații este ocupată.

Semnalele luminoase ale blocului de linie automat reprezintă aspectul cel mai simplu al punctelor de secționare și se găsesc amplasate pe liniile cu un trafic intens. Instalațiile de bloc de linie automat permit ocuparea liniei curente de mai multe trenuri circulând în același sens pe distanța dintre două stații vecine prin secționarea liniei curente.

Semnalele luminoase ale blocului de linie automat sînt în interdependență, astfel încît să poată da trei indicații: roșu (la semnalele care acoperă sectorul ocupat de tren), galben (la semnalele care acoperă primul sector liber, vecin celui ocupat de tren) și verde (la semnalele care acoperă al doilea sector liber).

Sectoarele limitate de către punctele de secționare se numesc distanțe de circulație, întrucît circulația trenurilor se face - conform prevederilor RET - la distanțe separate prin puncte de secționare, iar în cazuri excepționale, la intervale de timp.

Distanțele de circulație poartă diferite denumiri corespunzătoare punctelor de secționare care le delimitează. Astfel distanțele de circulație pot fi: distanțe de stație, haltă, post de reavizare, bloc semiautomat sau automat (fig.II.16).

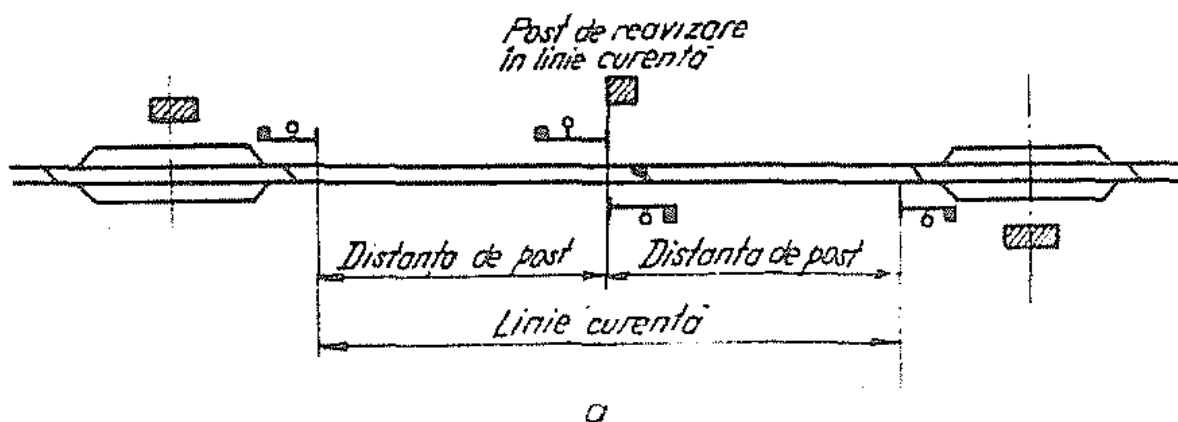


Fig.II.16. Secționarea liniei între două stații
a) în distanțe de post

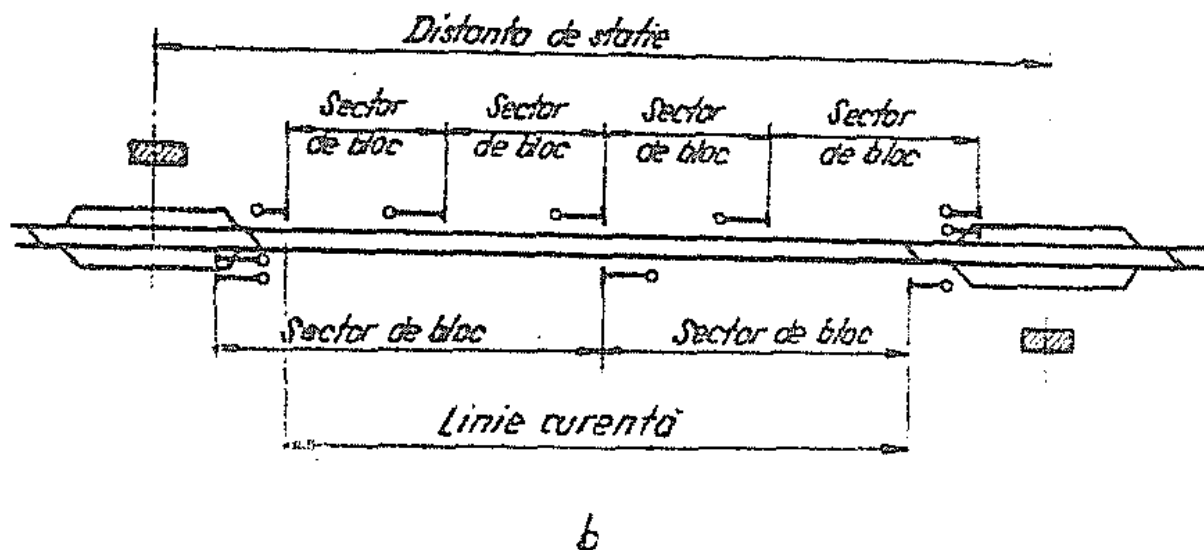


Fig.II.16. Secționarea liniei între două stații
b) secționare de bloc

II.6. Capacitatea de circulație și capacitatea de transport ale liniilor de cale ferată

Prin capacitatea unei linii ferate se înțelege posibilitatea maximă de deplasare a bunurilor și persoanelor de care dispune linia, într-o unitate de timp. Capacitatea liniei depinde de:

- elementele cu caracter de permanență ale liniei: ecartemen-
tul căii; numărul de linii pentru circulație (simplă, dublă) confi-
gurația liniei în planul de situație și în profilul în lung (raza
minimă, rezistența caracteristică, lungimea distanțelor între stații),
instalațiile SCB și de telecomunicații, instalațiile de alimentare
echipare, spălare și altele;

- materialul rulant;
- elementele cu caracter organizatoric: modul de organizare a
circulației, graficul de circulație, planul de formare, procesele teh-
nologice prevăzute în planul de exploatare al stației;
- numărul și pregătirea profesională a cadrelor;
- aprovizionarea cu materiale;

La calculul capacității unei linii de cale ferată se iau în con-
siderație primele 3 elemente; ultimele două (personalul și materialul)
se presupun că stau la dispoziția exploatării în măsură suficientă.

Între capacitatea liniei determinată de elementele cu caracter
de permanență ale căii ferate și capacitatea liniei determinate de

materialul rulant trebuie să existe o legătură de interdependență, acestea condiționându-se reciproc.

Astfel, de exemplu, un parc de vagoane și locomotive exagerat de mare față de posibilitatea de prelucrare și de tranzit din stații și de transiterare pe secțiile de circulație produce, în mod inevitabil, o aglomerare de vagoane în stații și o blocare a secțiilor de circulație, deci o creștere a rulejului vagoanelor și o scădere a capacității liniei.

Capacitatea unei linii de cale ferată se stabilește separat pe distanțele dintre stații, pe secțiile de circulație și pe magistrale.

După elementul în funcție de care stabilește capacitatea, se distinge:

- capacitatea de circulație și de transport pe distanțe de circulație;
- capacitatea de circulație și de transport pe secția de circulație;
- capacitatea de circulație și de transport pe magistrală;

Dintre acestea, capacitatea de circulație și de transport pe secția de circulație are rolul cel mai important la proiectarea liniilor noi de cale ferată și reconstruirea liniilor existente.

Capacitatea pe secția de circulație este limitată de valoarea cea mai mică a uneia dintre următoarele capacități:

- capacitatea determinată de distanța dintre stații;
- capacitatea de transiterare a stațiilor;
- capacitatea depourilor.

Capacitatea pe secția de circulație determinată de distanțele dintre stații depinde de distanța de circulație cea mai grea, al cărui timp de ocupare are valoarea cea mai mare, (distanța limitativă). La stabilirea capacității de circulație determinată de distanțele dintre stații se ține seama de: configurația liniei în planul de situație și în profilul în lung, numărul de linii (simplă, dublă), alcătuirea căii, felul materialului rulant, instalațiile SCB și de telecomunicații, precum și modul de organizare a circulației.

Capacitatea stației poate fi: de tranzit, de prelucrare, de garare, de încărcare-descărcare etc.

Pentru stabilirea stației se iau în considerare: instalațiile stației (numărul de linii, instalațiile de triere, instalațiile de centralizare și altele), modul de organizare a lucrului, procesele tehnologice, normele pentru diversele operații ce se efectuează cu trenurile și vagoanele și în sfârșit, relația dintre curenții de vagoane în tranzit, acei ce intră în prelucrare și acei ce se nasc din traficul local.

Capacitatea depourilor este numărul trenurilor de marfă ce poate fi deservit de un depou în timp de 24 ore pe lângă deservirea de trenuri de călători și alte operații permanente ca: manevră, tracțiune multiplă etc. Capacitatea depourilor depinde de: instalațiile pentru întreținerea și repararea curentă a locomotivelor, instalațiile de echipare și întoarcere a locomotivelor, liniilor de circulație și depozitare din depou etc.

Între capacitățile pe secția de circulație determinată de distanța de circulație limitativă, capacitatea stațiilor și capacitatea depourilor trebuie să fie în cât mai bună concordanță; valoarea cea mai mică a uneia dintre aceste capacități, este denumită capacitatea de circulație a secției, denumită pe scurt capacitatea liniei.

Trebuie să se cunoască în permanență capacitatea de circulație a distanțelor dintre stații, a stațiilor, a depourilor, pentru a se ști în orice moment la ce trafic se poate angaja o secție sau la apariția cărui trafic trebuie sporită capacitatea de circulație a distanțelor dintre stații, a stațiilor și a depourilor.

Capacitatea liniei se exprimă în unități de măsură convenționale, și anume :

- pentru secțiile de circulație: în trenuri, perechi de trenuri osii și tone pe zi;

- pentru stații în trenuri de marfă, osii, vagoane (tranzitate, prelucrate, încărcate - descărcate) pe zi;

- pentru depouri: în trenuri pe zi.

Unitatea de măsură pentru vagoane se consideră vagonul pe două osii.

Capacitatea liniei exprimată în numărul de trenuri sau de perechi de trenuri ce circulă în decurs de 24 ore pe linie dublă, respectiv simplă, se numește capacitate de circulație.

Capacitatea liniei exprimată în tone transportate într-o unitate de timp se numește capacitate de transport.

Capacitatea unei linii de cale ferată este de două feluri: capacitatea necesară și capacitatea posibilă.

Prin capacitatea necesară a liniei se înțelege numărul de perechi de trenuri (sau numărul de trenuri într-un sens de circulație, în cazul liniei duble) care trebuie să fie tranzitat, sau tonajul care trebuie transportat, pe o linie de cale ferată, într-o unitate de timp, pentru a asigura transportul bunurilor și al călătorilor în lună cu traficul cel mai mare.

Prin capacitatea teoretică posibilă a liniei se înțelege numărul maxim de perechi de trenuri (sau de trenuri într-un sens de circulație, în cazul liniei duble) care poate să fie tranzitat, sau tonajul care poate să fie transportat, într-o unitate de timp, pe distanța limitativă între două stații, de pe o linie cu anumită însemnare tehnică.

Pentru a se asigura capacitatea liniei este necesar să se stabilească un ansamblu de măsuri ca întotdeauna să fie respectată condiția :

$$n_p > n_n \quad (\text{II.3 a})$$

sau:

$$N_p > N_n \quad (\text{II.3 b})$$

unde:

n_p, n_n - capacitatea de circulație posibilă a liniei, respectiv capacitatea de circulație necesară, exprimată în perechi de trenuri, sau numărul de trenuri într-un sens de circulație în cazul liniei duble, în 24 ore.

N_p, N_n - reprezintă capacitatea de transport posibilă a liniei, respectiv capacitatea de transport necesară, exprimată în tone transportate în decurs de un an.

Diferența dintre capacitatea posibilă a liniei și capacitatea necesară se numește rezerva de capacitate a liniei.

Rezerva de capacitate a liniei are importanță deosebită la stabilirea și alegerea schemei optime de sporire a capacității liniei.

II.6.1. Stabilirea capacității necesare

Capacitatea de transport necesară căreia trebuie să i se facă față în luna cu trafic maxim, se determină în baza datelor de trafic obținute din cercetările efectuate pentru stabilirea cerințelor de transport și corespunde cu volumul probabil al transporturilor de marfă și călători, în diferite perioade de exploatare a liniei.

Volumul probabil al transporturilor de mărfuri și călători variază în timp în funcție de necesitățile de transport ale economiei naționale. Este suficient să se calculeze volumul probabil al transporturilor corespunzător unui număr de 3-4 perioade de exploatare a liniei, pentru a se avea o imagine asupra variației probabile a traficului în timp. De regulă se calculează volumul de transporturi corespunzător celui de al 2-lea al 5-lea și al 10-lea an de exploatare a liniei, precum și volumul probabil de transporturi în viitorul cel mai îndepărtat (traficul de perspectivă).

Prin reprezentarea grafică a volumului probabil al transporturilor în diferite perioade de exploatare a liniei exprimat în tone transportate în decursul unui an, se obține o curbă numită dinamica traficului și care de fapt, reprezintă capacitatea de transport necesară a liniei (fig.II.17).

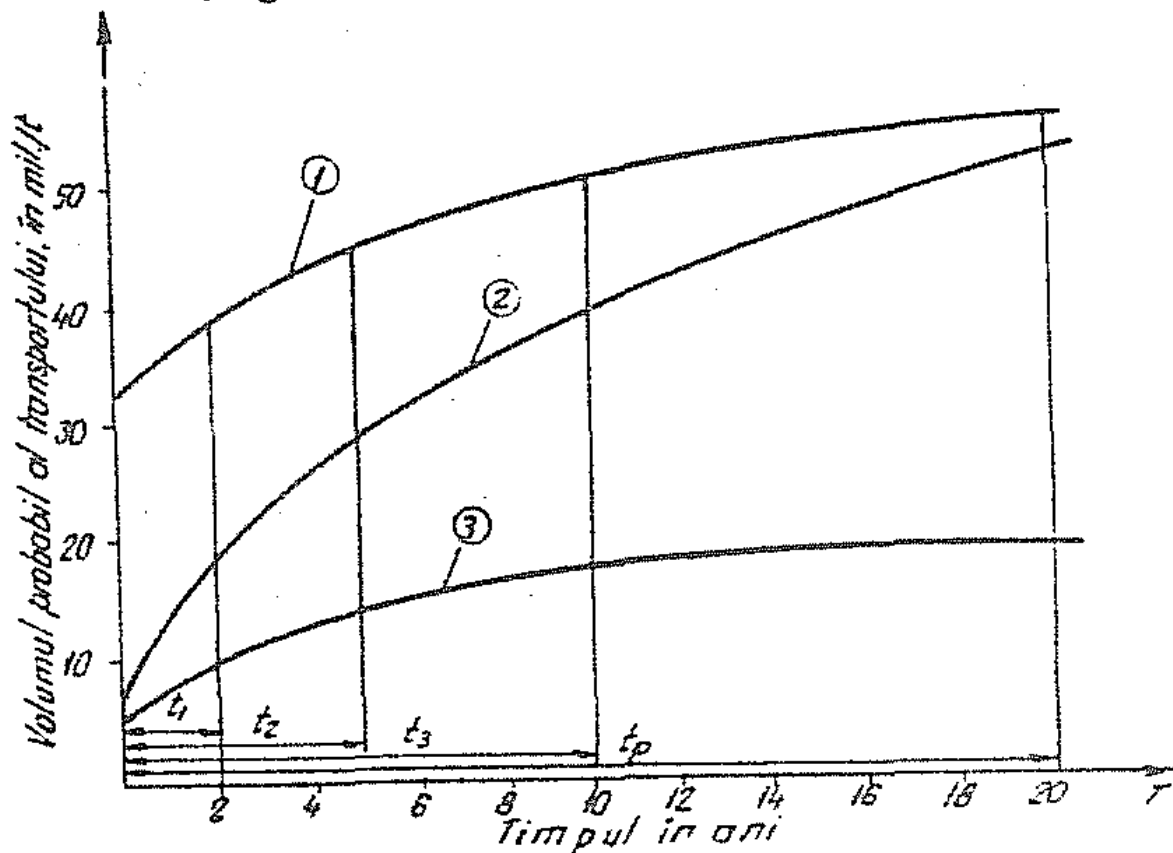


Fig.II.17. Capacitatea de transport necesară
(Dinamica traficului)

Capacitatea necesară a liniei, exprimată în tone transportate în decursul unui an, este independentă de înzestrarea tehnică a liniei.

Capacitatea de circulație necesară în luna de trafic maxim se determină tot pe baza datelor de trafic obținute în urma cercetărilor efectuate pentru stabilirea volumului probabil al transportului.

Cunoscând volumul necesar de transporturi de călători și bunuri în luna de trafic maxim pe sensuri de circulație și feluri de produse, precum și volumul operațiilor de încărcare și descărcare în diferite puncte, se poate calcula numărul necesar de perechi de trenuri sau trenuri pe sensuri de circulație, precum și numărul de vagoane necesar să fie încărcate sau descărcate într-o anumită unitate de timp. Cu alte cuvinte, cunoscând datele de trafic se poate calcula capacitatea de circulație necesară a liniei, exprimată în:

- numărul trenurilor de călători (trenuri de persoane și curse, trenuri accelerate, trenuri expres și rapide) ;

- numărul trenurilor de marfă (directe, locale) ;
- numărul trenurilor de coletărie și mesagerii etc;

Numărul trenurilor de călători care trebuie să circule zilnic pe o secție de circulație într-un sens, se obține din relația:

$$n_{ns} = \frac{C \cdot \delta_{tc}}{365 \cdot m} \quad [tr/zi] \quad (II.4)$$

în care:

C este numărul de călători în timp de un an în sensul de circulație preponderent al traficului;

δ_{tc} - coeficientul de neuniformitate a traficului de călători, la vîrf de trafic lunar;

m - numărul de locuri într-un tren de călători.

Numărul de trenuri de marfă care trebuie să circule zilnic în sensul de circulație preponderent, rezultă din formula :

$$n_{nm} = \frac{V' \cdot \delta_{tm}}{365 \cdot G_{vn}} \quad [tr/zi] \quad (II.5 a)$$

Iar numărul trenurilor de marfă în sensul traficului minim se obține din formula :

$$n_{nm}'' = \frac{V'' \cdot \delta_{tm}}{365 \cdot G_{vn}} \quad [tr/zi] \quad (II.5 b)$$

în care:

V', V'' reprezintă volumul transporturilor de mărfuri în sensul traficului dominant, respectiv în sensul traficului minim, în decurs de un an, exprimat în tone/an.

δ_{tm} - coeficientul de neuniformitate în traficul de vîrf în sensul traficului dominant, respectiv în sensul traficului minim;

G'_{vn}, G''_{vn} - tonaajul neto al trenurilor de marfă în cele două sensuri de circulație, exprimat în tone.

Dacă pe linie vor circula și alte categorii de trenuri (trenuri accelerate, trenuri de coletărie etc), numărul acestora se stabilește prin formule analoage formulelor (II.4) și (II.5).

De regulă, capacitatea de circulație necesară pe o secție de circulație se stabilește în perechi de trenuri, în ipoteza că în ambele sensuri de circulație circulă același număr de trenuri. Aceasta corespunde celei mai nefavorabile ipoteze pentru calculul capacității de circulație necesară.

Capacitatea de circulație necesară depinde de nivelul de

înzestrare tehnică a liniei. Cu cât linia are o înzestrare tehnică mai bună (locomotive mai puternice, declivitate caracteristică mai mică, viteze de circulație mai mari etc) cu atât - pentru același volum de transporturi și coeficient de neuniformitate la traficul de vîrf lunar - capacitatea de circulație necesară este mai mică, ceea ce de altfel este evident dacă se cercetează relațiile (II.4) și (II.5).

Influența exercitată de înzestrarea tehnică a liniei asupra capacității de circulație necesară este prezentată în fig.II.18 .

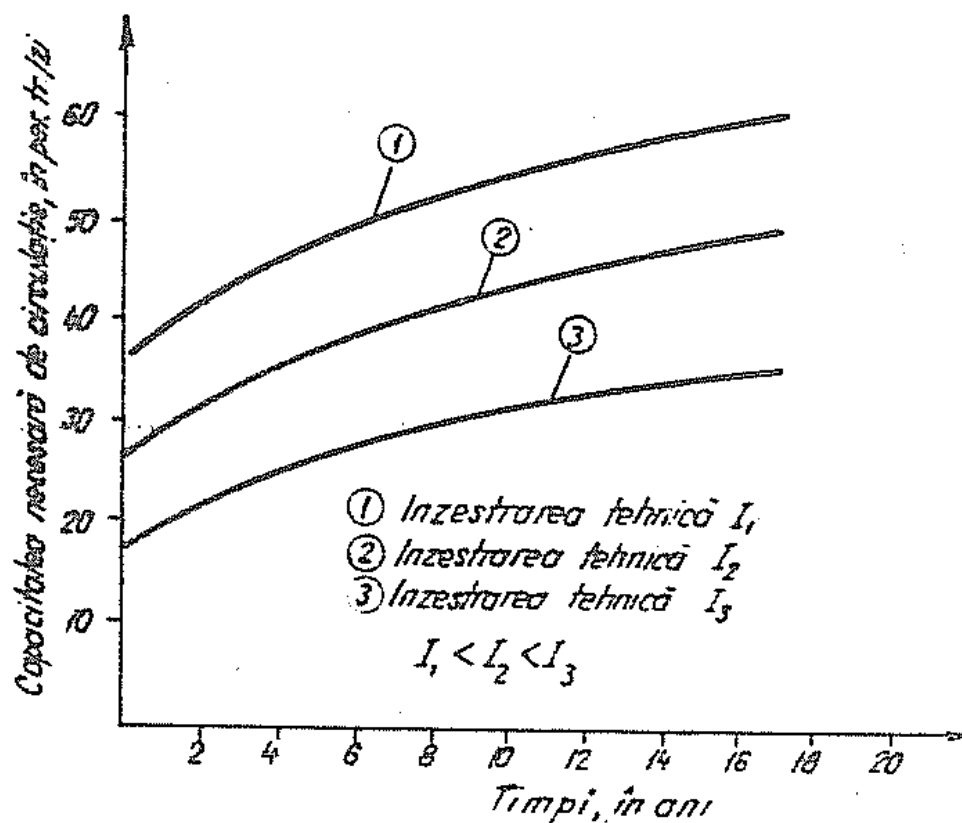


Fig.II.18. Variația capacității de circulație necesare în raport cu timpul, pentru diferite înzestrări tehnice de linie

II.6.2. Calculul capacității posibile

Capacitatea de circulație posibilă a unei secții de linie simplă se determină, de obicei, pentru o circulație de trenuri în grafic paralel și se exprimă în perechi de trenuri directe de marfă pe zi. Pentru linia dublă, capacitatea de circulație posibilă se stabilește tot pentru o circulație de trenuri în grafic paralel și se exprimă în trenuri directe de marfă pe zi pentru fiecare sens de circulație. În calculul capacității se utilizează unitatea de tren direct de marfă, deoarece cea mai mare parte a activității feroviare

este axată pe transportul de mărfuri ce se efectuează cu astfel de trenuri. Celelalte categorii de trenuri se introduc în calcul prin coeficienți de echivalare în raport cu trenul de marfă.

Capacitatea de circulație posibilă a unei secții se stabilește în două moduri: grafic, prin construirea graficului de circulație și analitic, prin folosirea unor formule.

Metoda grafică pentru stabilirea capacității de circulație posibilă este greoaie, însă foarte exactă.

De aceea folosirea acestei metode este obligatorie în cazul când numărul trenurilor ocupă peste 70% din capacitatea posibilă a secției: de exemplu, la stabilirea capacității de circulație a secției în cazul reconstrucției liniei.

Graficul de circulație determină planul întregii activități de exploatare; prin grafic se stabilește: circulația trenurilor, capacitatea secției, activitatea locomotivelor, vagoanelor, stațiilor depourilor, reviziilor de vagoane, atelierelor, secțiilor de întreținere a căii și secțiilor de telecomunicații.

În conformitate cu regulamentul de exploatare tehnică a căilor ferate, graficul de circulație a trenurilor trebuie să asigure:

- transportul rapid și comod al călătorilor și transporturile de mărfuri;
- siguranța circulației trenurilor;
- viteză optimă de circulație a trenurilor;
- utilizarea rațională a locomotivelor și vagoanelor;
- coordonarea activității tuturor stațiilor, atât între ele, cât și cu stațiile secțiilor de circulație vecine;
- uniformitatea activității stațiilor și secțiilor de circulație, precum și utilizarea rațională a capacității lor;
- respectarea duratei stabilite de muncă neîntreruptă a echipelor de locomotivă și a partidelor de tren.

În graficul de circulație, mersul unui tren se reprezintă printr-o linie înclinată pe o rețea formată din linii orizontale, care corespund axelor punctelor de secționare (stații și halte de mișcare) și din linii verticale care corespund orelor și intervalelor considerate din 10 în 10 minute (fig. II.19). Axele celorlalte puncte din linie curentă (halte comerciale etc) se însemnează prin linii punctate. Linia înclinată, care pe rețeaua graficului reprezintă un tren, se numește trasa trenului. Trasa poartă numărul trenului pe care îl reprezintă. Trasarea diferitelor categorii de trenuri în grafic se

face cu ajutorul unor linii convenționale. Momentul plecării trenului corespunde pe rețeaua graficului cu punctul de întretăiere a trasei trenului cu axa punctului de secționare din care pleacă. La fel, momentul sosirii trenului corespunde cu punctul de întretăiere a trasei trenului cu axa punctului de secționare în care sosește trenul. Plecările și sosirile se înscriu în unghiul ascuțit format din întretăierea trasei trenului cu axa punctului de secționare. Trasa trenului prezintă în stațiile și haltele cu oprire frânturi orientate, echivalente cu durate de oprire în aceste puncte. Intocmirea graficului de circulație a trenurilor se începe cu trasarea trenurilor celor mai importante.

În conformitate cu prevederile din Regulamentul de exploatare tehnică CFR trenurile se împart, după felul și destinația transporturilor în: trenuri de călători, trenuri militare, trenuri mixte, trenuri de coletărie și mesagerii, trenuri de marfă și transcontainere, trenuri de serviciu (de ajutor, de intervenție, de probă, de lucru, de apă, locomotive izolate sau în convoaie, automotoare de serviciu, pluguri de săpădă și dresina motor).

După importanța în circulație, fiecărui tren i se atribuie un rang, după cum urmează :

- a/ peste orice rang - trenuri de serviciu, puse în circulație pentru restabilirea circulației;
- b/ în ordinea rangului:
 - rangul I - trenuri pentru care conducerea căilor ferate dispune să circule în acest rang;
 - rangul II - trenuri exprese și rapide de călători;
 - rangul III - trenuri accelerate de călători;
 - rangul IV - trenuri de persoane, și trenuri de curse;
 - rangul V - trenuri militare, mixte, de coletărie, de mesagerie, trenuri exprese europene de marfă, accelerate de marfă și transcontainere .
 - rangul VI - trenuri directe și locale de marfă;
 - rangul VII - trenuri convoaie de manevră, trenuri de serviciu și trenuri de manevră.

La încrucișări și treceri înainte au prioritate trenurile de rang superior.

Trenurile înscrise în graficul de circulație primesc un număr de identificare, potrivit rangului, liniei pe care circulă și sensului de circulație.

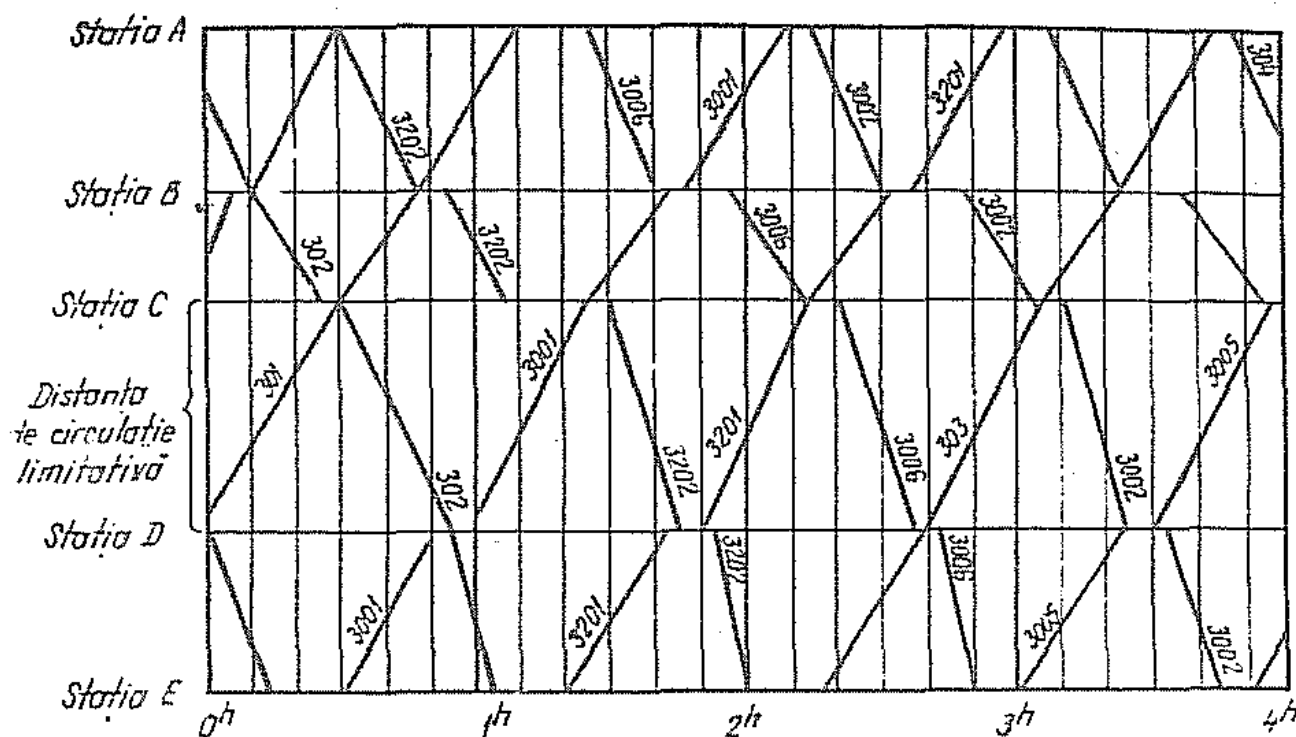


Fig. II.20 Grafic de circulație, cu circulația trenurilor în pereche

Perioada graficului de circulație pe distanța limitativă este formată din timpul efectiv de mers la care se adaugă timpii necesari pentru efectuarea diferitelor operații în stație în legătură cu circulația trenurilor (Fig. 21 a) și se obține din relația:

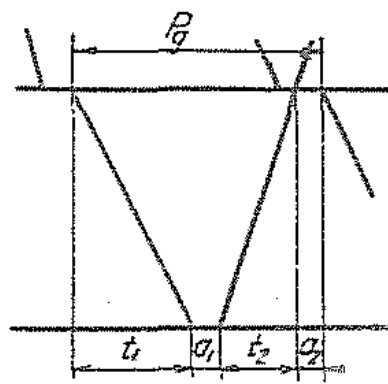
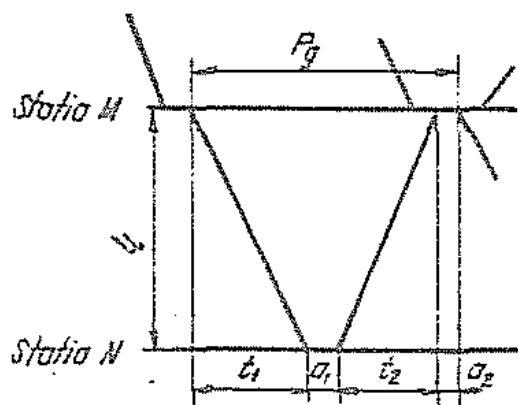


Fig. II.21. Perioada graficului de circulație paralel, cu circulația trenurilor în pereche

$$P_g = t_1 + t_{1d} + t_2^f + a_1 + t_2 + t_{2d}^f + t_2^f + a_2 \quad [\text{min}] \quad (\text{II.6 a})$$

în care:

- t_1, t_2 - sînt timpii de mers ai trenului direct de marfă în sensul fără soț, respectiv în sensul cu soț;
- t_{1d}, t_{2d}^f - timpii de demarare din stațiile care mărginesc distanța limitativă;
- t_2^f, t_2^f - timpii de încetinire a mersului (frînare) pentru ca trenul să poată opri în stațiile care mărginesc distanța limitativă;

a_1, a_2 - intervale de stație, adică timpul minim necesar pentru efectuarea diferitelor operații în stație în vederea primirii, expedierii și transiterii trenurilor.

La determinarea perioadei graficului de circulație, pentru nevoile de proiectare a unor linii noi și de reconstrucție a liniilor existente, se consideră de obicei că un tren circulă cu oprire prin stații, iar celălalt - percheșea sa - trece prin una din stații fără oprire (fig.II. 22). De asemenea, se admite că trenurile circulă, în ambele sensuri remorcate de același tip de locomotivă, cu același tonaj și coeficient de frinare și deci timpul de demarare și de încetinire a mersului (frinare) pot fi considerați egali în cele două sensuri de circulație. În aceste condiții perioada graficului devine:

$$P_g = t_1 + t_2 + 2t_d + t_f + a_1 + a_2 \quad [\text{min}] \quad (\text{II.6 b})$$

în care termenii se stabilesc astfel :

$t_1 + t_2$ - se calculează prin procedeul vitezelor constante;

t_d - timpul de demarare din stație se consideră

$$t_d = 2 - 3 \text{ min};$$

t_f - timpul de încetinire a mersului (frinare) se consideră $t_f = 1 - 2 \text{ min};$

a_1, a_2 - intervalele de stație, în minute.

Intervalul de stație se poate compune din: intervalele pentru încrucișări și depășiri de trenuri, intervalele de urmărire, intervalele de sosiri și expedieri nesimultane etc (fig.II.22).

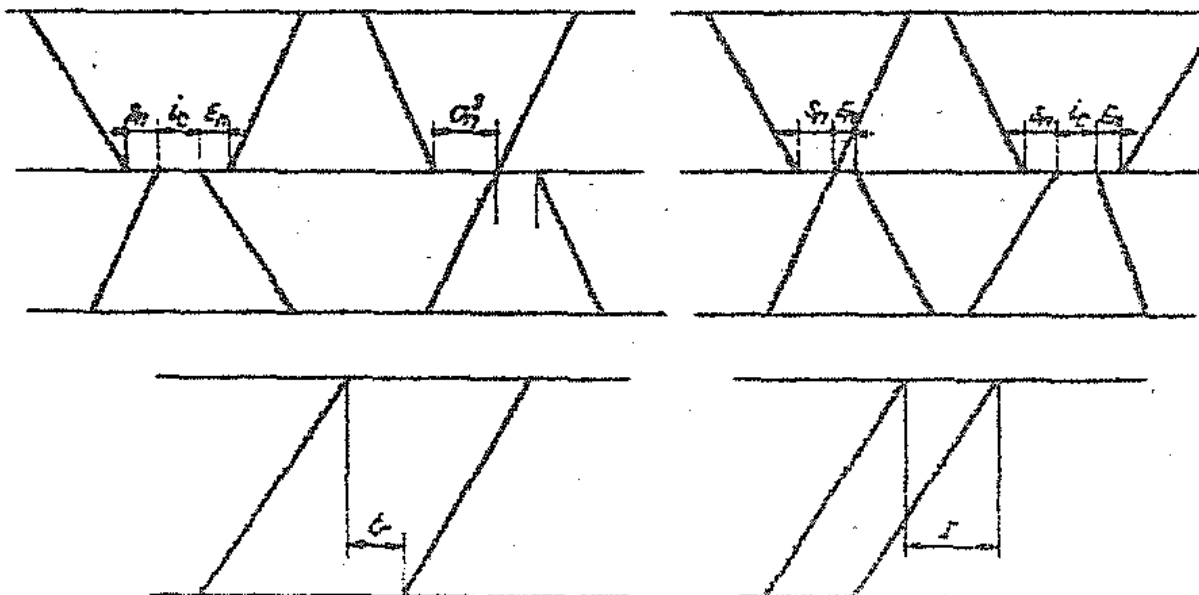


Fig.II.22. Intervale de stație

Valorile intervalelor de stație se stabilesc prin cronometrări și depind de modul de manevrare a macazurilor (incuietori cu chei cu bloc, centralizare electromecanică, centralizare electrodinamică), modul de manevrare a semnalelor și mijloacele de comunicații între stații folosite la circulația trenurilor (bloc de linie automat, bloc de linie semiautomat, telegraf-telefon etc) și de schema de circulație a trenurilor adoptată. Valorile medii ale intervalelor de stație pentru calculul analitic al capacității de circulație posibile pe o secție sînt arătate în tabelul II.1.

Valorile medii ale intervalelor de stație Tabelul II.1

Mijloacele de comunicație și modul de deservire al macazurilor	Intervalul de stație min
Bloc de linie automat, centralizare electrodinamică	1
Bloc semiautomat de linie, centralizare electrodinamică	2
Bloc de linie automat, manevrare manuală a macazurilor	4
Bloc de linie semiautomat, manevrare manuală a macazurilor	5

Pentru celelalte moduri de organizare a circulației trenurilor pe liniile simple, la calcularea pe cale analitică a capacității posibile de circulație se folosesc alte formule, în funcție de tipul graficului de circulație adoptat.

Pe liniile duble capacitatea de circulație posibilă a unei secții se stabilește pentru fiecare sens de circulație în parte și este determinată de perioada graficului de circulație de pe distanța limitativă.

Capacitatea de circulație a unei secții cu cale dublă fără bloc de linie automat (fig.II.23 a) se obține cu relația :

$$n_p = \frac{1440}{P_g} = \frac{1440}{t_1 + t} \quad \left[\text{trenuri/zi} \right] \quad (II.7)$$

în care: P_g - este perioada graficului de circulație pe distanță limitativă

t_1 - timpul efectiv de mers pe distanța de circulație pentru care se calculează capacitatea, în minute;

t - intervalul de stație pentru urmărirea trenurilor în sensul pentru care se calculează capacitatea, în minute.

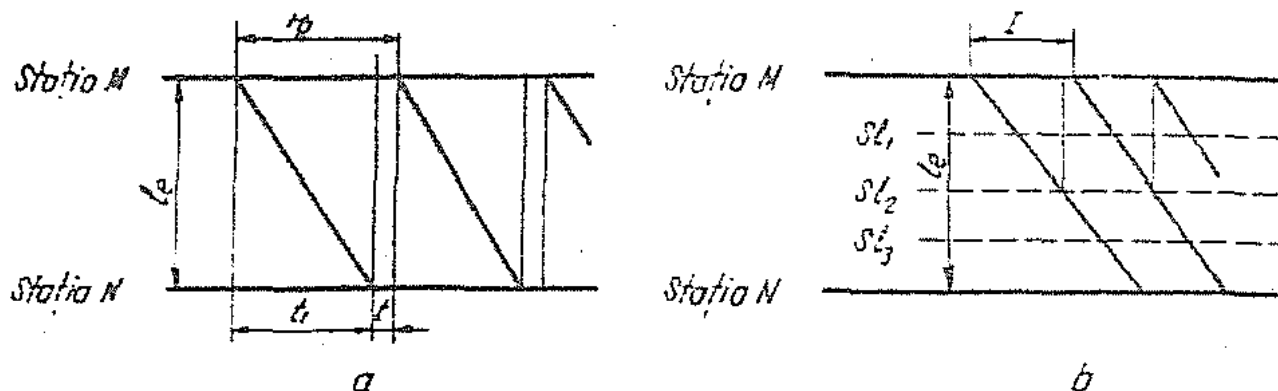


Fig. II.23. Perioada graficului de circulație pe distanța limitativă pe o linie dublă

Dacă distanța limitativă dintre stații este înzestrată cu bloc de linie automat, care permite expedierea trenurilor la intervale mai mici (fig. II.23 b) capacitatea de circulație posibilă se obține cu relația :

$$n_p = \frac{1440}{I} \cdot [\text{trenuri/zi}] \quad (\text{II.8})$$

în care: I este intervalul de timp dintre trenuri, în minute.

În legătură cu calculul analitic al capacității de circulație se menționează următoarele :

a/ Capacitatea de circulație a secției obținută din aplicarea relațiilor (II.6), (II.7) și (II.8) este capacitatea maximă posibilă pe secție și are o valoare teoretică. Din acest motiv capacitatea rezultantă din relațiile de mai sus se numește capacitate maximă sau capacitate teoretică de circulație.

În practică, circulației trenurilor se pot constata fluctuații, de care trebuie să se țină seama la stabilirea capacității liniei. Pentru a face față acestor fluctuații în organizarea circulației trenurilor se utilizează capacitatea practică de circulație în locul capacității maxime (teoretice).

Capacitatea de circulație practică a unei secții este mai mică decât capacitatea de circulație maximă (teoretică) și reprezintă:

- 80% din capacitatea teoretică de circulație pe liniile simple;
- 85-90% din capacitatea teoretică de circulație pe liniile duble.

În felul acesta se păstrează pentru eventualele fluctuații de circulație și a depășirilor de plan o rezervă de 10-20% din capacitatea de circulație maximă a liniei.

b/ Formulele (II.6), (II.7) și (II.8) sunt valabile pentru calculul capacității de circulație a unei secții în ipoteza că circulația trenurilor se face pe baza unui grafic paralel. În alte cuvinte, formulele de mai sus sunt aplicabile în cazul în care toate

-trenurile circulă cu aceeași viteză pe aceeași distanță de circulație și anume, cu viteza trenurilor directe demarșă. Pe o linie de cale ferată pot circula trenuri de diferite categorii: trenuri de călători (trenuri exprese, rapide, accelerate, de persoane, curse de persoane), trenuri de marfă (directe, locale), trenuri de coletărie și messengeri, trenuri mixte, trenuri militare, trenuri de serviciu (de ajutor, de intervenție, de incendii, de probă, de lucru, locomotive izolate, pluguri de zăpadă, drezine motor etc).

Având în vedere că pe o secție circulă trenuri de diferite categorii și prin urmare cu viteze diferite - conform graficului de circulație normal sau comercial (fig.II.24) - este necesar să se recalculeze capacitatea de circulație teoretică; de existența altor feluri de trenuri se ține seama prin folosirea coeficienților de echivalare.

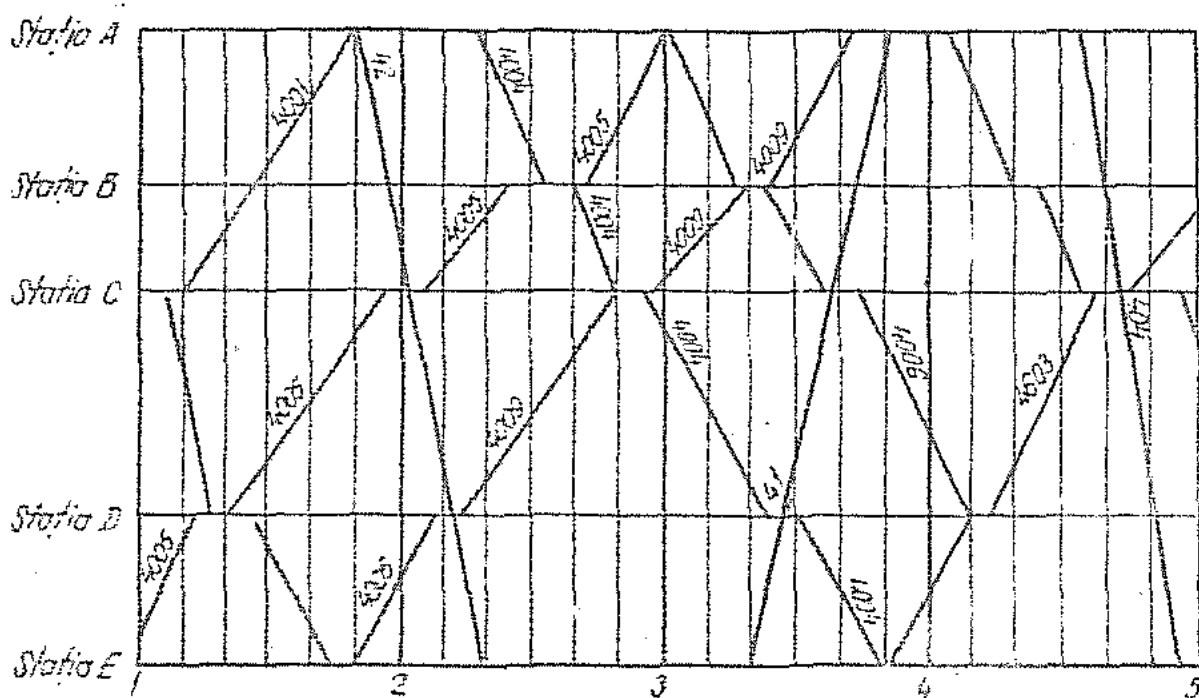


Fig.II.24. Graficul de circulație normal (comercial)

Coeficientul de echivalare arată câte trenuri de marfă se scot din grafic prin trecerea unui tren cu viteză diferită de cea care s-a luat ca bază la calculul capacității de circulație.

Valoarea coeficientului de echivalare este determinată de raportul dintre timpul cât distanța limitativă dintre două stații este ocupată cu trecerea trenurilor cu viteze diferite (trenuri de călători, trenuri accelerate etc) plus un timp suplimentar și timpul

necesar pentru tranzitarea trenurilor de marfă directe.

Coeficientul de echivalare are valori cuprinse între 1,1... 2,0, în funcție de numărul de linii (simplă, dublă), tipul graficului de circulație (pereche, pachet), categoria trenurilor (călători, marfă, coletărie etc).

Ca urmare a scoaterii din grafic a unor trenuri directe de marfă de către circulația trenurilor de alte categorii, care circulă cu alte viteze, numărul trenurilor directe de marfă va deveni mai mic decât capacitatea rezultată din calcul în cazul graficului paralel.

În concluzie, capacitatea de circulație a liniei se calculează ținându-se seama de eventualele fluctuații ale circulației, precum și de vitezele diferite de circulație, în funcție de categoria trenurilor (cazul graficului de circulație normal sau comercial).

Capacitatea de circulație posibilă a secției se poate deci stabili fie numai în trenuri directe de marfă aplicând formulele (II.6), (II.7) și (II.8) fie separat în trenuri directe de marfă și separat în trenuri de alte categorii.

Având în vedere aceste considerații, capacitatea de circulație posibilă practică (n_{pp}) pe o secție se determină, în cazul în care se presupune că pe secția respectivă circulă numai trenuri directe de marfă cu relația:

$$n_{pp} = \frac{n_{pt}}{1+r} \quad (II.9 a)$$

în care: n_{pt} - este capacitatea de circulație posibilă maximă (teoretică),

r - rezerva capacității de circulație.

În cazul în care organizarea circulației trenurilor se face pe baza unui grafic normal (comercial), capacitatea de circulație posibilă practică, exprimată în trenuri de marfă se calculează cu relația:

$$n_{pp} = \frac{n_{pt}}{1+r} - (\epsilon_c n_c + \epsilon_a n_a + \epsilon_{mc} n_{mc} + \dots) \quad (II.9 b)$$

în care: n_c, n_a, n_{mc} - reprezintă numărul trenurilor de călători, accelerate, mesagerie-coletărie etc, care circulă pe secție.

$\epsilon_c, \epsilon_a, \epsilon_{mc}$ - coeficientul de echivalare pentru trenurile de călători, accelerate, mesagerie-coletărie etc.

Capacitatea de transport posibilă practică pe secție, exprimată în tone transportate în timp de un an, în cazul în care organizarea circulației trenurilor se face în baza unui grafic normal (comercial) se calculează cu relația :

$$N_{pp} = 365 \cdot G_{vn} \left[\frac{n_{pt}}{1+r} - (\epsilon_c n_c + \epsilon_a n_a + \epsilon_{mc} n_{mc} + \dots) \right] t/an \quad (II.10)$$

în care G_{vn} este tonajul net al trenului direct de marfă exprimat în tone.

Capitolul III

CALCULELE DE TRACȚIUNE APLICATE LA PROIECTAREA ȘI CONSTRUCȚIA CAILOR FERATE

III.1. Generalități despre calculele de tracțiune și sistemele de tracțiune

III.1.1. Definire, obiectul și importanța calculelor de tracțiune

Tracțiunea trenurilor reprezintă partea din mecanica aplicată care se ocupă cu studiul forțelor care acționează asupra trenului și cu mișcarea trenului sub acțiunea acestor forțe.

Calculele de tracțiune au o largă aplicare în practica inginerescă atât în exploatarea liniilor existente cât și în proiectarea și construirea liniilor noi de cale ferată. Astfel calculele de tracțiune permit să se stabilească :

- forțele care acționează asupra trenului;
- viteza de circulație și timpul de mers;
- tonaajul trenului, capacitatea de circulație și de transport ale liniei;
- consumul de combustibil și energie electrică;
- elementele necesare pentru proiectarea judicioasă a liniei în planul de situație și în profilul în lung;
- amplasarea judicioasă a punctelor de secționare și a punctelor de echipare a locomotivelor;
- eficiența tehnico-economică a variantelor proiectate.

Forțele care acționează asupra trenului și deci mișcarea trenului sub acțiunea acestor forțe, sînt influențate de un număr mare și variat de factori care nu pot fi luați în considerație în totalitatea lor. Din această cauză la efectuarea calculelor de tracțiune se admit unele ipoteze simplificatoare și anume :

1. Trenul se consideră că este omogen, format din același tip de vagoane;

2. Masa trenului se consideră concentrată în centrul de greutate, care se admite că se găsește la mijlocul trenului;

3. Forțele de aceeași natură se însumează și determină o rezultantă care se consideră că acționează în centrul de greutate al trenului.

În efectuarea calculelor de tracțiune aplicate la proiectarea liniilor noi și reconstrucția celor existente se admite eroarea de $\pm$ ceea ce face posibilă utilizarea riglei de calcul.

III.1.2. Sisteme de tracțiune

Pînă în prezent au fost folosite în exploatarea căilor ferate patru sisteme de tracțiune și anume: cu abur, diesel, electrică și turbine cu gaz.

Tracțiunea cu abur este cel mai vechi sistem de tracțiune.

Prin tracțiunea cu abur se înțelege tracțiunea cu locomotive cu abur, la care agentul purtător de energie este aburul. Ponderaș tracțiunii cu abur este într-o continuă scădere, datorită randamentului mic a acesteia în raport cu celelalte sisteme de tracțiune.

Depă sistemul motorului, tracțiunea cu abur se prezintă sub două aspecte: tracțiunea cu abur cu motoare cu piston și tracțiune cu abur cu turbine.

Tracțiunea cu abur prezintă următoarele desavantaje mai importante: randament mic al locomotivelor (7-11%), durată lungă pentru intrarea în serviciu a locomotivei datorită timpului necesar pentru punerea sub presiune a cazanului.

Tracțiunea diesel se realizează cu locomotive și automotoare la care energia este dată de unul sau mai multe motoare diesel. Cuplul motor este transmis axilor motoare prin intermediul unui sistem de transmisie.

Din punct de vedere al sistemului de transmisie, locomotivele diesel sînt de trei feluri: cu transmisie electrică, cu transmisie hidraulică și cu transmisie mecanică.

Avantajele tracțiunii diesel sînt: randament mare (24 - 28%), rapiditatea la intrarea în serviciu, posibilitatea construirii de unități de putere mare, stabilitate mare în mers a vehiculului motor, cu dependență față de sursele de apă, funcționare puțin influențată de stările climatice, confort în conducerea locomotivei, posibilitatea de funcționare în aceleași condiții în ambele sensuri.

Desavantajele acestei tracțiuni sînt: necesitatea sistemului de transmisie, folosirea de către motorul diesel a unor sortimente de combustibil scumpe.

Tracțiunea diesel ocupă un loc însemnat în transportul pe calea ferată dovedindu-se deosebit de eficientă pe liniile cu profil ușor.

Tracțiunea diesel cu automotoare se utilizează numai la transportul de călători.

Tracțiunea electrică se realizează cu locomotive electrice sau cu vagoane motoare prevăzute cu unul sau mai multe electro-motoare alimentate de o sursă energetică ce se află în afara vehiculului, cu excepția automotoarelor cu acumulatori.

O instalație pentru tracțiunea electrică cuprinde: sursele producătoare de energie electrică (centrale termoelectrice sau hidroelectrice), linia pentru transportul energiei electrice, substațiile de tracțiune necesare pentru transformarea curentului electric (coborîrea tensiunii de la valoarea corespunzătoare liniei de transport la cea necesară motoarelor locomotivei), linia de contact și calea (ginele).

Avantajele tracțiunii electrice față de tracțiunea cu abur sau tracțiunea diesel sînt următoarele :

- suplete mare, datorită puterilor mari pentru care se pot construi;
- se adaptează ușor necesităților de parcare, demarînd ușor;
- consumul de energie depinde direct de tonajul remorcat și de rezistențele la mers întîmpinate;
- promptitudine mare la punerea în serviciu, neavînd nevoie de pregătiri speciale și îndelungate înainte de a fi puse în serviciu;
- alimentare continuă cu energie, fără opriri pe parcurs pentru acesedată operație;
- siguranța la mers (nu poate pierde presiunea ca locomotive cu abur);
- poate atinge maximum de utilizare zilnică, adică pînă la 24 ore, realizînd astfel parcursurile anuale aproape duble față de cele ale locomotivelor cu abur;
- reducerea personalului de locomotivă la un singur agent, care uneori poate conduce mai multe unități cuplate;
- funcționarea cu un cuplu motor uniform și cu o bună stabilitate în mers, datorită lipsei maselor neechilibrate;
- puterea de regim a locomotivei electrice, la o viteză de peste 50 km/h este superioară celei dezvoltate de locomotiva cu abur;
- reversibilitatea în funcționare, ceea ce permite o schimbare rapidă a sensului de mers fără a fi necesare plăci turnante;
- posibilități suplimentare de frînare (frînarea electrică);
- posibilitatea recuperării energiei la mersul în pante;
- înlăturarea fumului, a funinginii, a prafului de cărbune și a pericolului de incendiu pe parcurs;
- confort ridicat pentru personalul de conducere și pentru călători;
- o rază de acțiune teoretic infinită;
- capacitate de transport cu 25-40% peste aceea a locomotivei cu abur sau diesel, la putere egală;

Dezavantajele locomotivei electrice, sînt următoarele :

- lipsa de autonomie în serviciu prin dependența de linia de contact de la care ia energia necesară;
- instalații foarte costisitoare, (linii de transport, substații de tracțiune, linii de contact);
- costul mare al locomotivei electrice în comparație cu locomotive cu abur și chiar al locomotivei diesel;
- măsuri suplimentare de protecție la executarea lucrărilor de întreținere a liniei.

În sistemele de tracțiune electrică obișnuite se folosește curent continuu sau curent alternativ. Tracțiunea în curent continuu utilizează tensiuni de 0,75; 1,5 și 3 kV la firul de contact.

Avantajele utilizării curentului continuu sînt:

- transformarea ușoară a curentului trifazat de 50 Hz în curent continuu;
- adaptabilitatea foarte bună a motorului electric de curent continuu cu excitație în serie la condițiile de tracțiune;
- reglarea între limite largi a vitezei.

Dezavantajele tracțiunii cu curent continuu sînt:

- limitarea tensiunii la condițiile de funcționare a motoarelor, deci numărul mare de substații de alimentare;
- secțiunea mare a firului de contact din cauza tensiunii joase;
- curentul de întoarcere în substația de tracțiune are efect corosiv asupra instalațiilor metalice subterane din aceste zone;

Tracțiunea în curent alternativ trifazat utilizează tensiuni de 1,5; 3 și 6 kV cu o frecvență de 25 Hz, iar tracțiunea în curent monofazat utilizează mai ales tensiuni de 15 kV cu frecvență joasă $16\frac{2}{3}$ Hz și 25 kV cu frecvență industrială de 50 Hz.

Linii de curent alternativ trifazat s-au construit puține, iar în prezent nu se mai construiesc deoarece electrificarea căilor ferate în curent alternativ trifazat prezintă dezavantaje importante, ca de exemplu:

- catenara dublă reclamă o izolație perfectă foarte dificilă;
- motoarele derivate nu corespund tracțiunii feroviare;
- dificultăți la montarea liniei de contact în zona sparatelor de cale (la înlocuiri de linii și la schimbătoare de cale);
- dificultatea de a regla viteza motoarelor deoarece, din tendința de a menține viteza constantă, rezultă virfuri mari de curent în rampe și deci dificultatea de a folosi osii antrenate individual, cu roți cu diametru diferit.

În țara noastră, căile ferate se electrifică în curent alterna-

civ, monofazat cu tensiune 25 kV la linia de contact și frecvență industrială de 50 Hz. Acest sistem de electrificare prezintă următoarele avantaje în comparație cu sistemul de curent alternativ monofazat de $16\frac{2}{3}$ Hz;

- racordează rețeaua electrică a căilor ferate la rețeaua electrică industrială, ceea ce aduce un corectiv regulator la curba de consumație industrială;
- reduce sensibil cheltuielile de investiție în instalațiile fixe, ca de exemplu la construirea centralelor electrice și liniilor de transport;
- folosirea unui transformator pe locomotivă permite o tensiune înaltă la catenară și deci secțiuni relativ mici ale fișelor de contact de unde economie de cupru și stâlpi de susținere a catenarei;
- integrarea rețelei electrice a căilor ferate la rețeaua generală permite electrificarea economică chiar și a liniilor cu un trafic redus.

Dezavantajele mai importante sînt:

- inducția electromagnetică în liniile de telecomunicații din apropiere;
- dificultăți la adaptarea catenarei la tuneluri și poduri, în special la liniile existente;

Tracțiunea cu turbine cu gaze se obține cu locomotiva la care motorul este o turbină acționată de gazul provenit din arderea unui combustibil.

Gazele de ardere acționează ca un agent motor transportînd energia lor interioară pînă la turbină unde acestea se transformă în energie mecanică. Randamentul acestor locomotive este de 14-16%.

Acest sistem de tracțiune este nou introdus în tracțiunea feroviară.

III.2. Forțele care acționează asupra trenului

III.2.1. Mișcarea trenului datorită forțelor care acționează asupra lui

Asupra unui tren în mișcare acționează forțe de diferite mărimi și direcții. Aceste forțe acționează atât asupra materialului rulant motor cit și asupra celui remorcat și, în final, determină caracterul mișcării trenului și regimul de funcționare al locomotivei.

Forțele care acționează asupra trenului pot fi :

- forța de tracțiune la obadă a locomotivei (P),
- rezultanta forțelor de rezistență: (R); (R'),
- rezultanta forțelor de frînare (B).

Forțele care acționează asupra trenului se exprimă, de obicei în kgf.

Împărțind valoarea forțelor care acționează asupra trenului exprimate în kgf, la greutatea trenului exprimată în tf, se obțin forțele specifice de tracțiune, rezistență, respectiv frînare, adică:

$$f = \frac{F}{G_L + G_V} \quad [\text{kgf/tf}] \quad (\text{III.1 a})$$

$$r = \frac{R}{G_L + G_V} \quad [\text{kgf/tf}] \quad (\text{III.1 b})$$

$$b = \frac{B}{G_L + G_V} \quad [\text{kgf/tf}] \quad (\text{III.1 c})$$

unde:

G_L este greutatea locomotivei, în tf;

G_V - greutatea convoiului de vagoane, în tf;

Sensul și mărimea acestor forțe depind de caracteristicile materialului rulant și de configurația liniei în planul de situație și în profilul în lung.

În sensul de deplasare asupra trenului acționează forța de tracțiune, la care se adaugă, la mersul trenului în pantă, componenta greutății trenului, paralelă cu calea; celelalte forțe acționează în sens contrar sensului de deplasare al trenului.

Forțele care au același sens cu sensul de deplasare al trenului se notează cu semnul + (plus) iar forțele de sens contrar cu sensul de deplasare al trenului se notează cu semnul - (minus).

Procesul deplasării trenului pe un profil variabil se caracterizează prin trei regimuri de funcționare a locomotivei: cu tracțiune, fără tracțiune, fără tracțiune și cu frînare.

Mersul în regim de tracțiune este considerat mersul cu regulatorul deschis la locomotivele cu abur, mersul cu motoarele de tracțiune conectate la locomotivele electrice și cu motorul diesel acționând sistemul de transmisie la locomotivele diesel. În acest caz asupra trenului acționează forța de tracțiune la obadă (F) și rezultanta forțelor de rezistență (R).

Mersul fără tracțiune este considerat mersul cu regulatorul închis la locomotivele cu abur, mersul cu motoarele de tracțiune deconectate la locomotivele electrice și mersul fără să se consume energia furnizată de motorul diesel la locomotivele diesel. În timpul deplasării trenului în regim fără tracțiune, asupra trenului acționează numai rezultanta forțelor de rezistență (R').

Mersul fără tracțiune și cu frînare (mersul frînat) este considerat mersul cînd trenul se frînează fie mecanic, fie electric. În acest caz asupra trenului acționează rezultanta forțelor de frînare (B) și rezultanta forțelor de rezistență a trenului (R').

Caracterul mișcării în cele trei regimuri de circulație este determinat de valoarea, direcția și sensul rezultantei forțelor care acționează asupra trenului.

În regimul de tracțiune pot fi întîlnite următoarele situații:

- dacă $F - R > 0$, trenul are o mișcare accelerată,
- dacă $F - R = 0$, mișcarea trenului este uniformă sau trenul staționează,
- dacă $F - R < 0$, trenul are o mișcare încetinită.

În regimul fără tracțiune, rezultanta forțelor care acționează asupra trenului poate fi: $R' \geq 0$.

- dacă $R' > 0$, mișcarea este accelerată, situație caracteristică circulației trenurilor pe pantele mari,
- dacă $R' = 0$, mișcarea este uniformă,
- dacă $R' < 0$, trenul are o mișcare încetinită, situație întîlnită la circulația trenurilor pe rampe precum și pe unele pante mici.

În regim frînat în condiții normale de exploatare, rezultanta ($R' + B < 0$), și deci trenul are o mișcare încetinită, deoarece rezultanta forțelor de frînare (B) are o valoare mult mai mare decît componenta greutății trenului pe direcția pantei.

La deplasarea pe o linie în aliniament și pe linie trenul remorcat de o locomotivă, funcționînd în regim fără tracțiune sau în regim cu frînare, are întotdeauna o mișcare încetinită.

III.2.2. Mișcarea roții pe sine

Mișcarea unui punct situat pe cercul de rulare al unei roți se poate descompune într-o mișcare de translație identică cu mișcarea de translație a centrului roții și într-o mișcare de rotație în jurul acestui centru.

Se notează cu V viteza centrului geometric al roții și cu ω viteza unghiulară a roții (fig.III.1).

Viteza unui punct care -

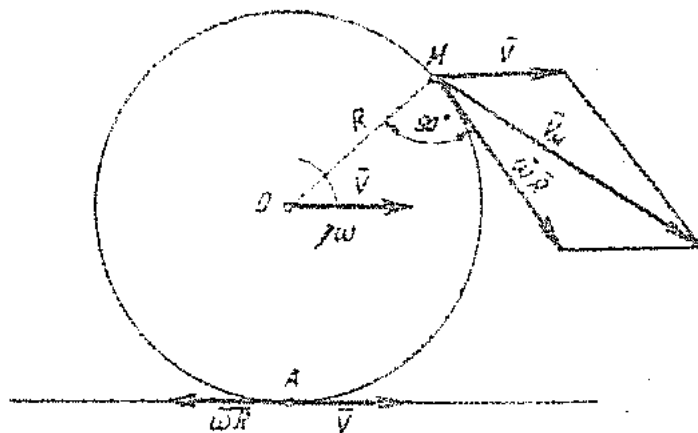


Fig.III.1. Viteza unui punct situat pe cercul de rulare

care M , situat la distanța R de centrul roții, va fi compusă din viteza $\bar{V}$ pe care punctul ar avea-o dacă roata s-ar mișca alunecând pe șină (mișcarea de translație) și viteza de rotație $\bar{R} \times \bar{\omega}$, pe care punctul ar avea-o dacă centrul roții ar fi în stare de repaus iar roata s-ar roti în jurul centrului cu viteză unghiulară ω . Vitezele componente, având direcții diferite, se compun după regula paralelogramului și se obține:

$$\bar{V}_M = \bar{V} + \bar{\omega} \times \bar{R} \quad (\text{III.2})$$

Dintre punctele situate pe roată, prezintă un interes deosebit mișcarea punctului A , situat la contactul dintre roată și șină. Pentru acest punct vectorii viteze având aceeași direcție dar sensuri contrare, viteza rezultantă se poate determina prin sume algebrică a acestora:

$$V_A = V - \omega \cdot R \quad (\text{III.3})$$

unde:

V_A este viteza punctului A în mișcarea compusă;

V - viteza centrului geometric al roții în mișcarea de translație;

ωR - viteza punctului A în mișcarea de rotație.

Din relația (III.3), în funcție de raportul ce există între vitezele V și ωR , rezultă valori diferite pentru viteza absolută a punctului A , iar mișcarea roții pe șină poate lua una din următoarele forme :

1. rostogolire fără alunecare - dacă $V_A = 0$;

2. rostogolire cu alunecare - dacă $V_A > 0$;

3. rostogolire cu patinare - dacă $V_A < 0$;

Pentru ca aceste condiții să fie împlinite este necesar ca între forțele și momentele cuplurilor ce acționează asupra roții să existe anumite relații: aceste relații vor fi prezentate la finele acestui paragraf.

1. Mișcarea de rostogolire fără alunecare. Dacă viteza de înaintare a centrului roții este egală cu viteza de rotație, atunci viteza punctului A în mișcare compusă va fi egală cu zero, adică :

$$V - \omega R = 0 \quad (\text{III.4})$$

În acest caz roata se va rostogoli pe șină fără alunecare.

Mișcarea de rostogolire a roții poate fi accelerată, uniformă sau încetinită.

Cînd roata are o mișcare de rostogolire fără alunecare, punctul A este și centrul instantaneu de rotație. Punctul A în mișcare de rostogolire fără alunecare descrie o curbă elicoidală (fig.III.2), devenind în contact cu șina după o distanță egală cu πD .

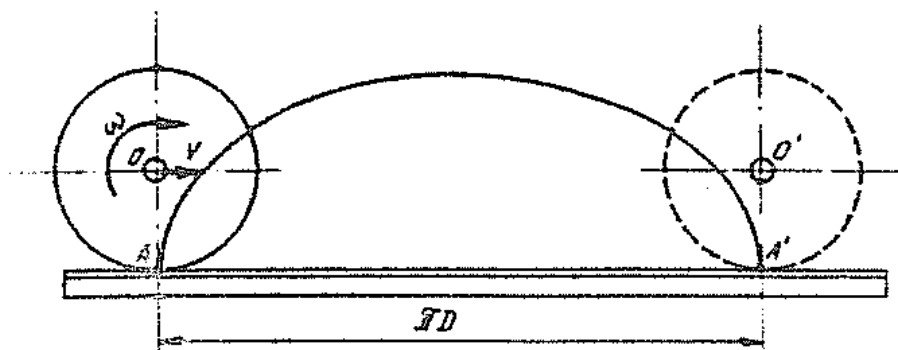


Fig.III.2. Traectoria unui punct situat pe cercul de rulare cînd roata are o mișcare de rostogolire fără alunecare

2. Miscarea de rostogolire cu alunecare. Dacă viteza de înaintare a centrului roții este diferită de viteza de rotație corespunzătoare punctului A, atunci pe lângă rostogolirea roții are loc și alunecarea ei.

Rostogolirea combinată cu alunecare are loc atunci cînd viteza de înaintare a centrului roții este mai mare decît viteza de rotație corespunzătoare punctului A, adică atunci cînd :

$$V - \omega R > 0 \quad (III.5)$$

În această situație centrul instantaneu de rotație I se găsește dedesubtul punctului A (fig.III.3).

Cînd $\omega = 0$, rotirea încetează cu desăvîrșire, iar roata se va mișca numai prin alunecare. Centrul instantaneu de rotație se deplasează în acest caz la infinit; această situație (alunecare pură) este înțilnită în timpul frînării puternice a roții cînd datorită momentului cuplului de frînare roata se blochează și se deplasează "sanie" pe șină.

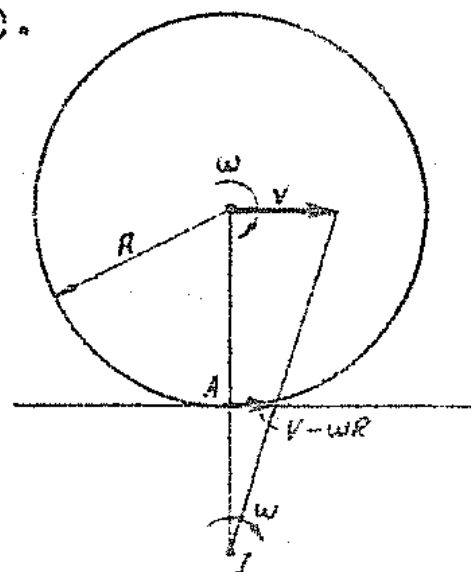


Fig.III.3. Deplasarea roții pe șină în mișcarea de rostogolire combinată cu alunecare

3. Miscarea de rostogolire cu patinare.

Rostogolirea combinată cu patinare se obține atunci când viteza de înaintare a centrului roții este mai mică decât viteza de rotație corespunzătoare punctului A, adică atunci când :

$$V - \omega R < 0 \quad (\text{III.6})$$

În acest caz mișcarea de rostogolire a roții este însoțită de o patinare a roții pe șină (alunecare negativă), iar centrul instantaneu de rotație se situează deasupra punctului A (fig. III.4)

Când $V = 0$ centrul instantaneu de rotație se suprapune cu centrul roții, iar roata va patina fără să mai avanseze pe șină (patinare pură).

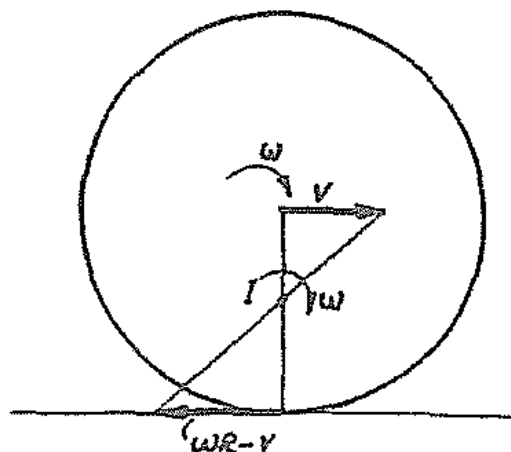


Fig. III.4. Deplasarea roții pe șină în mișcarea de rostogolire combinată cu patinare

Această situație poate fi întâlnită în timpul demarării.

Miscarea normală și cea mai eficientă a roților de cale ferată este mișcarea prin rostogolire pură, deoarece în acest caz uzura șinelor și a bandajelor este minimă și totodată se poate realiza valoarea maximă a forței de tracțiune sau a forței de frînare.

Miscarea roților pe șină, cu alunecare parțială, sau totală, produce uzura șinelor și a bandajelor și micșorează forța de frînare. În urma unor astfel de alunecări, roata pierde forma circulară (apar locuri plane pe suprafața de rulare a bandajului), ceea ce favorizează și mai mult creșterea uzurii șinelor și a materialului rulant.

De asemenea este periculoasă și mișcarea roților pe șină cu patinare parțială și mai ales cu patinare totală, deoarece la viteze unghiulare mari forța de tracțiune scade brusc, iar forțele de inerție ce acționează asupra maselor neechilibrate în mișcare de rotație devin dăunătoare pentru rezistența roților și mecanismelor locomotivei.

Roțile vehiculelor pot fi roți motoare și roți trase sau purtătoare. Roțile motoare apar la locomotive și sunt caracterizate prin faptul că asupra lor acționează un cuplu motor M . Roțile trase sau purtătoare se întâlnesc la vagoane (uneori și la locomotive).

Forțele și momentele care acționează asupra unei roți motoare în mișcarea acesteia de rostogolire fără alunecare sau fără patinare, când viteza de translație a roții este constantă (fig. III.5), sînt:

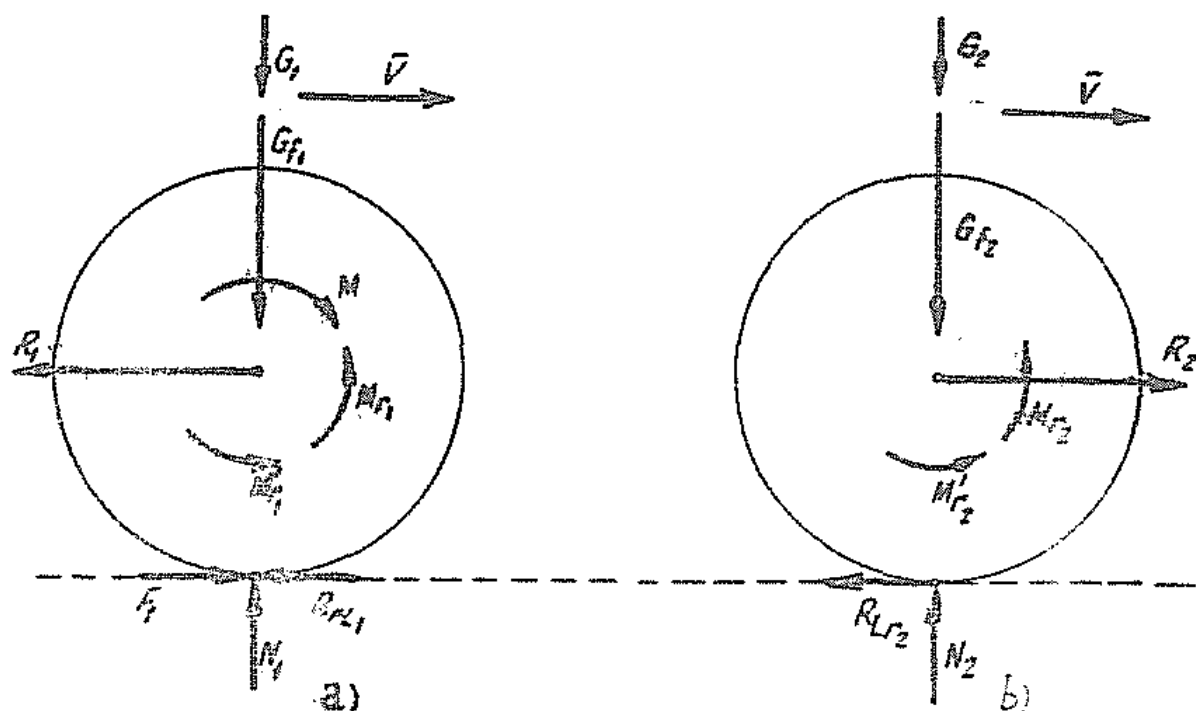


Fig.III.5. Forțele care acționează asupra roții în mișcare de rostogolire fără alunecare
a/ roata motor; b/ roata trasă

- cuplul motor M produs de motoarele electrice de tracțiune la locomotivele diesel electrice și electrice sau transmis prin mecanismul bielă - manivelă la locomotivele cu abur;

- forța verticală G_{f1} care se transmite la roată de la șasiu;

- forța orizontală care se transmite la roată de la șasiu;

- greutatea proprie a roții G_1 ;

- reacțiunea șinei N_1 ;

- forța de frecare în repaus F_1 dintre roată și șină provocată de cuplul motor M , egală cu $\frac{M}{r}$, unde r este raza roții;

- cuplul M_{f1} care se opune rostogolirii (frecarea de rostogolire) este definită prin cuplul rezistent M_{f1} , a cărui valoare este egală cu :

$$M_{f1} = s M_1$$

unde s reprezintă coeficientul de frecare de rostogolire având dimensiunile unei lungimi;

- cuplul M'_{f1} datorat frecărilor dintre osie și axinet care se opune rostogolirii;

- forța de frecare de repaus R_L dintre roată și șină, provocată de cuplurile rezistente M_{f1} și M'_{f1} .

În punctul de contact A, într-un moment oarecare. (În cazul

mişcării de rostogolire fără alunecare) viteza relativă a punctului A față de șină este nulă; drept urmare forțele F_1 și R_{Lr1} sînt forțe de frecare în repaus.

Valoarea maximă a rezultantei acestor forțe de frecare de alunecare în repaus (aderență) este :

$$\max(F_1 - R_{Lr1}) = N_1 \psi \quad (a)$$

unde ψ reprezintă coeficientul de aderență.

Viteza fiind constantă nu apar forțele de inerție; drept urmare între forțele și momentele prezentate pot fi scrise următoarele relații de legătură :

$$F_1 - R_{Lr1} - R_1 = 0 \quad (b)$$

$$G_1 + Gf_1 - N_1 = 0$$

$$M - M_{r1} - M'_{r1} - r(F_1 - R_{Lr1}) = 0$$

Forța F_1 reprezintă forța de tracțiune la obadă pentru roata motoare. Suma tuturor forțelor F_1 de la roțile motoare ale locomotivei reprezintă forța de tracțiune a locomotivei la obadă (P).

Tinînd seama de relația (a), pentru o locomotivă avînd toate roțile motoare, care se deplasează în aliniament și palier, cu viteză constantă, se poate scrie :

$$\max \sum_1^i (F_1 - R_{Lr1})_1 = \sum_1^i (\psi N_1)_1 \quad (c)$$

respectiv, notînd $\sum_1^i (F_1)_1 = P$, $\sum_1^i (R_{Lr1})_1 = R_{OL}$

$$\text{și } \sum_1^i (F_1)_1 = G_L, \text{ rezultă}$$

$$\max (P - R_{OL}) = \psi G_L \quad (d)$$

unde: P reprezintă forța de tracțiune a locomotivei la obadă;

R_{OL} - rezistența la mers a locomotivei, cauzată de frecarea de rostogolire și de frecarea dintre cuzineți și fusurile osiilor;

G_L - greutatea locomotivei egală în acest caz cu greutatea aderentă G_a ;

i - numărul osiilor motoare.

Din relația (d) rezultă: a considera forța maximă de tracțiune la obadă este egală cu ψG_a , înseamnă a admite aproximația că $R_{OL} = 0$ (valoarea R_{OL} este neglijabilă în comparație cu ψG_a și drept urmare aproximația $R_{OL} = 0$ este practic justificată).

Cînd roata motoare execută o mișcare de rostogolire cu patinare, forțele care acționează asupra roții sînt aceleași ca în fig. III.5 a, cu deosebirea că forța F_1 este în acest caz o forță de frecare de alunecare propriuzisă (de mișcare); adică frecarea de alunecare între două corpuri după ce acestea au început să alunece unul față de celălalt.

Pentru cazul roții motoare care execută o mișcare de rostogolire cu patinare, relația (a) devine:

$$\max (F_1 - R_{Lr1}) = \mu N_1 \quad (e)$$

unde μ reprezintă coeficientul de frecare de alunecare.

Coeficientul de frecare de alunecare μ este mai mic decît coeficientul de aderență ψ .

Pentru roata trasă sau purtătoare neîrînată, care se deplasează cu o viteză constantă, executînd o mișcare de rostogolire fără alunecare, forțele care acționează asupra ei (fig. III.b), sînt:

- forța verticală Gf_2 care se transmite la roată de la șasiu;
- greutatea proprie a roții (G_2);
- forța orizontală care se transmite de la șasiu la roată R_2 ; această forță este de sens contrar forței R_1 , din fig. III.5 a;
- reacțiunea șinei N_2 ;
- Cuplul M_{r2} care se opune rostogolirii (frecarea de rostogolire), egal cu :

$$M_{r2} = a \cdot N_2$$

unde a reprezintă coeficientul de frecare de rostogolire avînd dimensiunile unei lungimi;

- cuplul M'_{r2} datorat frecărilor dintre osie și axinet, care se opune rostogolirii;
- forța de frecare de repans R_{Lr2} dintre roată și șină provocată de cuplurile rezistente M_{r2} și M'_{r2} .

Spre deosebire de roata motoare, (fig. III.5 a) în acest caz (fig. III.5 b) lipsește cuplul motor M și forța F_1 , iar forța orizontală R_2 are sens opus forței R_1 ;

Correspondența relației (a) în acest caz se poate scrie :

$$\max R_{Lr2} = \psi N_2 \quad (f)$$

Această condiție este întotdeauna satisfăcută pentru roțile trase sau purtătoare neîrînate.

Relațiile (b), în cazul roții trase devin :

$$- R_{Lr2} + R_2 = 0$$

$$G_2 + G_{f2} - H_2 = 0 \quad (g)$$

$$- M_{F2} - M_{F2} + x R_{Lr2} = 0$$

În mod similar se pot analiza și celelalte feluri de mișcări ale roților motoare și trase.

III.2.3. Forța de tracțiune a locomotivei

III.2.3.1. Forța de tracțiune a locomotivei cu abur

La locomotiva cu abur cu motor cu piston valorile forței de tracțiune și ale puterii sînt determinate de caracteristicile de funcționare și de construcție ale motorului cu abur, de capacitatea de producție de abur a cazanului (căldării) și de condițiile de aderență.

Forța de tracțiune, în funcție de caracteristicile motorului se determină prin egalarea lucrului mecanic interior produs de aburii sub presiune în cilindrul motorului în timpul unei rotații complete a roților motoare (L_i), cu lucrul mecanic util, produs de forța de tracțiune la obadă asupra roților motoare pentru o rotație completă a acestora (L_u), ținîndu-se seama și de randamentul mecanic al mașinii (η).

Din fig. III.6, rezultă că lucrul mecanic produs de aburii sub presiune în cilindrul motorului, în timpul unei rotații complete a roților motoare (L_i) se poate determina cu relația :

$$L_i = L_d + L_f = \left[\frac{\pi}{4} (d^2 - d_t^2) l \cdot p_{mi} + \frac{\pi}{4} (d^2 - d_{ct}^2) l \cdot p_{mi} \right] n \quad (III.7)$$

unde: L_d, L_f reprezintă lucrul mecanic interior la o sursă dus, respectiv întors a pistonului, în kgf.m;

d - diametrul cilindrilor, în cm;

d_t - diametrul tijei pistonului, în cm;

d_{ct} - diametrul contratijei pistonului, în cm;

l - cursa pistonului, în metri ;

p_{mi} - presiunea medie indicată a aburului în cilindri, în kgf/cm²;

n - numărul cilindrilor unei locomotive.

Ținînd seama că pentru calculele practice semisuma suprafețelor de tijă și contratijă reprezintă aproximativ 3% din suprafața pistonului, relația (III.7), devine :

- forța de tracțiune la periferie (obada) roților motoare:

$$F = \eta \frac{0,97 \cdot d^2 \cdot \ell \cdot n}{2 D} P_{m1} \quad (\text{III.10})$$

- forța de tracțiune în cilindri

$$F_1 = \frac{0,97 d^2 \cdot \ell \cdot n}{2 D} P_{m1} \quad (\text{III.11})$$

Presiunea medie indicată a aburului în cilindri (P_{m1}) poate fi exprimată în funcție de presiunea de timbru a cazanului:

$$P_{m1} = \alpha \cdot P_g \quad (\text{III.12})$$

unde:

α - este coeficientul presiunii medii indicate,

P_g - presiunea de timbru a cazanului.

Înlocuind în relația (III.10), se obține :

$$F = \frac{0,97 d^2 \cdot P_g \cdot \ell \cdot n \cdot \alpha}{2 D} \eta \quad (\text{III.13})$$

Se observă că în formula pentru determinarea forței de tracțiune intră o serie de parametri constructivi ai locomotivei. Aceștia formează așa zisul modul al forței de tracțiune și se notează cu M.

În acest caz, forța de tracțiune a locomotivei cu abur în funcție de caracteristicile motorului la periferia roților motoare (obada), respectiv în cilindri se exprimă prin relațiile :

$$F = M \cdot \alpha \cdot \eta \text{ [kgf]} \quad (\text{III.14})$$

$$F_1 = M \cdot \alpha \text{ [kgf]} \quad (\text{III.15})$$

unde:

$$M = \frac{0,97 \cdot d^2 \cdot \ell \cdot n \cdot P_g}{2 D} = \text{const} \quad (\text{III.16})$$

Valoarea forței de tracțiune depinde de două grupuri de valori dintre care unul constant (M), iar altul variabil (α, η).

Coeficientul presiunii indicate (α) este în funcție de mai mulți factori printre care: gradul de admisie al aburului în cilindri (ϵ), deschiderea regulatorului de abur (ρ) și viteza de circulație (V). De aici, rezultă :

$$\alpha = f(\epsilon, \rho, V) \quad (\text{III.17})$$

Rendamentul mecanic al maginii (η) este în funcție de gradul de admisie al aburului în cilindri (ϵ) și de viteza de circulație respectiv :

$$\eta = f(\epsilon, V) \quad (\text{III.18})$$

Ținând seama de relațiile (III.17) și (III.18) rezultă că și forța de tracțiune la periferia roților motoare este în funcție de ξ , ρ și V adică :

$$P = f(\xi, \rho, V) \quad (\text{III.19})$$

Valoarea forței de tracțiune depinde de variația coeficientului α , care, la rândul său, variază și în funcție de viteza de mers; rezultă să prin variația gradului de admisie a aburului și prin cea a deschiderii regulatorului se poate obține o variație continuă a forței de tracțiune în funcție de viteză. Astfel, locomotiva cu abur poate realiza un cuplu motor variabil între limite foarte largi, care echilibrează în orice moment cuplul variabil datorat rezistențelor la mers.

Pentru o anumită producție orară totală de abur al cazanului și pentru anumite condiții de aderență, locomotiva cu abur permite o suprasolicitare limitată de gradele de admisie practic realizabile.

Caracteristicile $P = f(v)$ ridicate pentru diferite grade de admisie cu oalură aproximativ hiperbolică, ceea ce permite ca locomotivele cu motor cu abur cu piston să corespundă condițiilor de exploatare feroviară.

Forța de tracțiune dată de capacitatea de producție de abur a cazanului (căldării) se determină din expresia puterii locomotivei.

Puterea locomotivei la periferia (obada) roților motoare (P) în funcție de forța de tracțiune a locomotivei la obadă și viteza de circulație se obține din relația :

$$P = P \cdot v \left[\frac{\text{kgf} \cdot \text{m}}{\text{s}} \right] \quad (\text{III.20})$$

sau :

$$P = \frac{P \cdot V \cdot 1000}{60 \cdot 60} \cdot \frac{1}{75} = \frac{P \cdot V}{270} \quad [\text{CP}] \quad (\text{III.21})$$

unde:

P este forța de tracțiune a locomotivei la periferia roților motoare, în kgf;

V - viteza de circulație, în km/h.

Pe de altă parte, puterea locomotivei la obada roților motoare se mai poate determina și în funcție de producția orară de abur a cazanului locomotivei necesară în cilindri și consumul specific de abur, cu relația :

$$P = \frac{Q \cdot H}{C_B} \quad [\text{CP}] \quad (\text{III.22})$$

unde:

s - este producția specifică orară de abur a cazanului, în $\text{kg/m}^2 \cdot \text{h}$;

H - suprafața de vaporizare a cazanului, în m^2 ;

C_g - consumul specific de abur în $\text{kg/CP} \cdot \text{h}$ raportat la nivelul periferiei roților motoare.

Eliminând puterea locomotivei între relațiile (III.20) și (III.22) se obține expresia forței de tracțiune dată de capacitățile de producție de abur a cazanului:

$$F = \frac{270 \cdot s \cdot H}{C_g \cdot V} \quad [\text{kgf}] \quad (\text{III.23})$$

Dacă se consideră constante atât producția de abur a cazanului cât și consumul specific, atunci funcția (III.23) se reprezintă printr-o hiperbolă echilaterală. În realitate consumul specific de abur depinde de viteza de mers din care cauză curba $F = f(V)$ se abate de la hiperbola echilaterală.

Factorii care influențează producția orară de abur sînt: mărirea suprafeței grătarului, solicitarea orară specifică a grătarului, suprafața de vaporizare a cazanului și cifra de vaporizare a combustibilului.

În general curbele $F = f(s, V)$ se ridică pe cale experimentală prin încercări pe locomotive.

Forța de tracțiune în funcție de aderență se exprimă prin relația

$$F = 1000 \cdot \psi \cdot G_a \quad [\text{kgf}] \quad (\text{III.24})$$

unde :

ψ este coeficientul de aderență între roată și șină;

G_a - greutatea aderență a locomotivei, în tf.

Valoarea coeficientului de aderență este influențată de mulți factori printre care: starea suprafeței șinelor, raza curbei, regularitatea suprafeței de rulare a bandajelor, încălzirea neuniformă a osiilor etc.

Valoarea coeficientului de aderență variază între limite foarte largi (0,07 - 0,45).

Coeficientul de aderență se determină pe cale experimentală sau cu ajutorul unei formule empirice.

Reprezentarea grafică a valorilor forței de tracțiune a locomotivei în funcție de caracteristicile motorului, de capacitățile de producție de abur a cazanului și de condițiile de aderență permite să se obțină diagrama caracteristicilor de tracțiune ale locomotivei cu abur (fig. III.7).

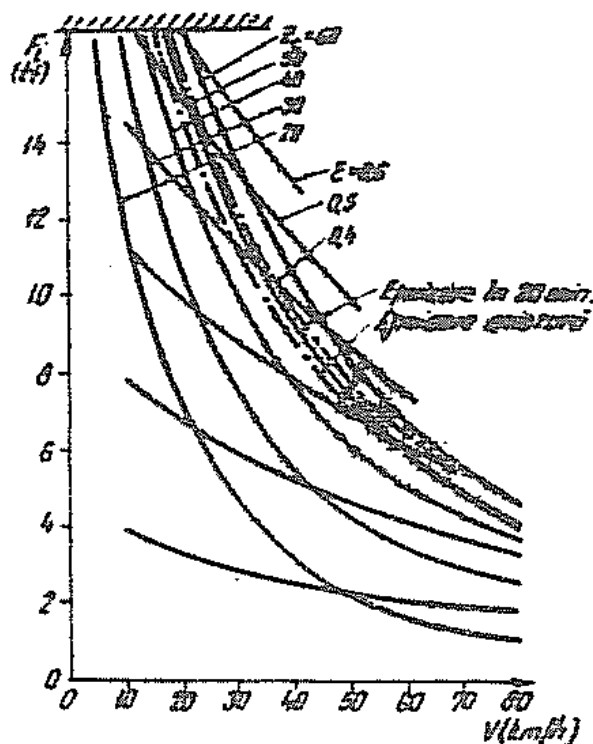


Fig.III.7. Caracteristicile de tracțiune ale locomotivei cu abur

III.2.3.2. Forța de tracțiune a locomotivei diesel

La locomotivele diesel forța de tracțiune și puterea sînt determinate de caracteristicile de funcționare și de construcție ale motorului, de felul transmisiei și de condițiile de aderență.

Forța de tracțiune în funcție de caracteristicile motorului diesel se stabilește pornind de la puterea motorului.

Puterea motorului diesel este proporțională cu turația arborelui motor și din această cauză acționarea directă a osiilor motoare nu este posibilă. O locomotivă diesel cu transmisie directă nu poate demara, iar la circulația pe rampe cu viteză redusă puterea dezvoltată este insuficientă.

Pentru înlăturarea neajunsurilor provocate de motorul diesel și pentru adaptarea caracteristicilor sale tracțiunii feroviare (caracteristica de tracțiune $F = f(V)$ ideală a unui vehicul motor de cale ferată este aceea care are o variație invers proporțională cu viteza, la o putere constantă dezvoltată de motor) s-au intercalat între arborele motorului diesel și osiile motoare ale vehiculului, transmisii de forță care permit obținerea unor caracteristici de tracțiune $F = f(V)$ aproximativ hiperbolice.

Transmisii de forță folosite pînă în prezent se împart în: transmisii mecanice, electrice și hidraulice. Folosirea transmisiei

meccanice pe locomotive diesel prezintă dezavantajul că forța de tracțiune se întrerupe și variază brusc la trecerea de la o treaptă de viteză la alta. Transmisia mecanică se utilizează mai mult la locomotivele de manevră și pe autmotoarele la care puterea instalată este redusă. Locomotivele diesel de mare putere de pe rețeaua noastră de căi ferate sînt înzestrate cu transmisie electrică, formată din generator electric de curent continuu și din motor electric de tracțiune și transmisie cu roți dințate (cuplul de la arborele motorului de tracțiune este transmis cu ajutorul roților dințate la axa motoare).

Forța de tracțiune în funcție de caracteristicile motorului se determină din expresia puterii locomotivei,

Puterea locomotivei la periferie (obada) roții motoare se determină cu relația :

$$P = \zeta \cdot P_e \cdot \eta_g \cdot \eta_t \quad [CP] \quad (III.25)$$

unde :

ζ este un coeficient care ține seama de puterea consumată în instalațiile auxiliare și are valoarea $\zeta = 0,91-0,95$;

P_e -puterea efectivă la arborele motorului diesel;

η_g -randamentul generatorului principal;

η_t -randamentul transmisiei;

Dar puterea la obadă roților motoare se mai poate calcula și cu relația :

$$P = \frac{F \cdot V}{270} \quad [CP] \quad (III.26)$$

unde :

F este forța de tracțiune la periferia roții, în kgf;

V - viteză de circulație, în km/h.

Prin eliminarea puterii între relațiile (III.25) și (III.26) se obține expresia forței de tracțiune la obadă :

$$F = \frac{270 \cdot \zeta \cdot P_e \cdot \eta_g \cdot \eta_t}{V} \quad [kgf] \quad (III.27)$$

În relația (III.27) produsul randamentelor variază puțin cu viteză. Puterea efectivă (P_e) este determinată numai de turația motorului diesel și de cantitatea de combustibil injectată. Pentru aceeași turație și aceeași cantitatea de combustibil injectată, puterea efectivă a motorului diesel este constantă. Rezultă că puterea la obada roților motoare aproape nu depinde de viteză. În consecință, curba $F = f(V)$ se apropie de o hiperbolă.

Forța de tracțiune în funcție de caracteristicile motoarelor electrice de tracțiune se stabilește cu relația :

$$P = 0,367 \cdot \frac{UI}{V} \cdot m \cdot \eta \cdot \eta_t \quad [\text{kgf}] \quad (\text{III.28})$$

unde:

U este tensiunea la bornele motorului de tracțiune, în V;
I - intensitatea curentului de alimentare a motorului de tracțiune, în A;

η_t - randamentul transmisiei mecanice;

m - numărul motoarelor de tracțiune;

η - randamentul motoarelor electrice de tracțiune.

Forța de tracțiune în funcție de aderență se calculează cu relația

$$P = 1000 \cdot \psi \cdot G_a \quad [\text{kgf}] \quad (\text{III.29})$$

unde:

ψ este coeficientul de aderență între roată și șină;

G_a - greutatea aderență a locomotivei, în tf.

Valoarea coeficientului de aderență se determină pe cale experimentală sau cu ajutorul unor formule empirice, ca de exemplu:

$$\psi = 0,25 + \frac{8}{100 + 20 \cdot V} \quad (\text{III.30 a})$$

sau:

$$\psi = \frac{7,5}{V + 44} + 0,161 \quad (\text{III.30 b})$$

unde: V este viteza de circulație în km/h.

Valorile forței de tracțiune ale locomotivei în funcție de caracteristicile motorului diesel, sistemul de transmisie și condițiile de aderență se pot prezenta grafic, obținându-se astfel diagrama caracteristicilor de tracțiune ale locomotivei diesel.

Valorile forțelor de tracțiune la obadă în funcție de viteză sînt prezentate pentru locomotivele diesel-electrice 060-DA ($G_L = 116$ tone, $V_{\max} = 100$ km/h) și 060-DA 1 ($G_L = 116$ tone, $V_{\max} = 120$ km/h), pentru regimurile de curent maxim, uniaxar și de durată, în fig. III.8.

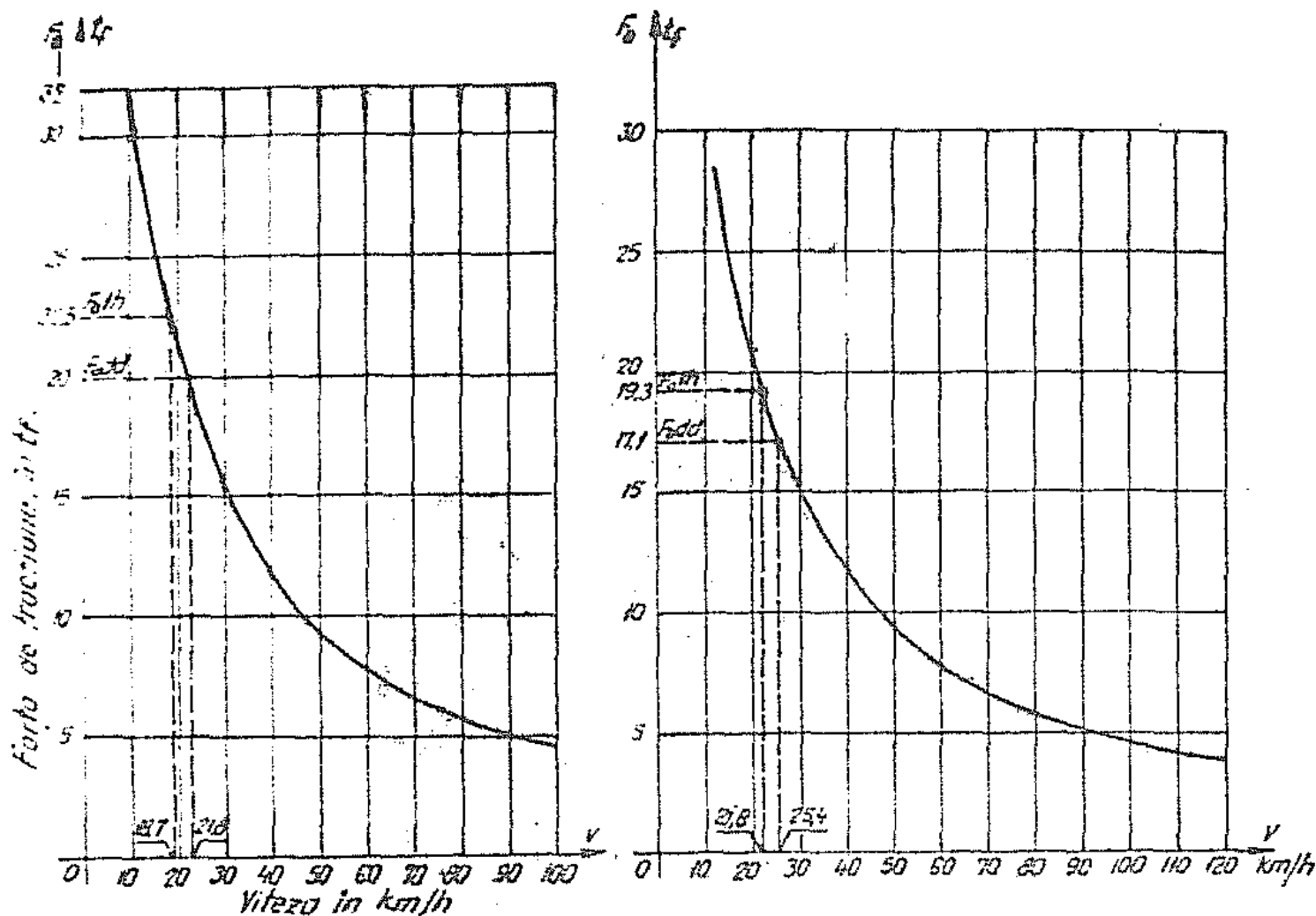


Fig. III.8. Caracteristicile de tracțiune ale locomotivei diesel - electrice
a) LDE 060 - DA ; b) LDE 060 - DA 1

III.2.3.3. Forța de tracțiune a locomotivei electrice

La locomotivele electrice valorile forței de tracțiune și ale puterii sînt determinate de puterea centralei electrice, de caracteristicile de funcționare și construcție ale motoarelor electrice de tracțiune și de condițiile de aderență.

Puterea centralei electrice depășind cu mult necesitățile cerute de tracțiune, practic sursele de energie nu limitează capacitatea de tracțiune a locomotivei electrice.

Forța de tracțiune în funcție de caracteristicile motoarelor electrice de tracțiune se obține din egalarea expresiilor puterii la abada roților motoare.

Astfel, pentru motoarele electrice de tracțiune de curent continuu puterea la abada roților motoare se determină cu relația :

$$P = \frac{UI}{1000} \eta_o(I) \quad [kW] \quad (III.31)$$

unde:

U este tensiunea la bornele motorului de tracțiune, în V;

I - curentul de alimentare a motorului de tracțiune, în A;

η_0 (I) - randamentul motorului de tracțiune la obadă, egal cu produsul între randamentul la arborile electromotorului

$\eta = f(I)$ și randamentul transmisiei mecanice ($\eta_0 = \eta \cdot \eta_t$).

Pe de altă parte puterea la obada roții motoare se mai poate determina și cu relația :

$$P = \frac{P_1 \cdot V}{367} \quad [\text{kW}] \quad (\text{III.32})$$

Prin eliminarea puterii între relațiile (III.31) și (III.32) se obține expresia forței de tracțiune la obada unei roți P_1 .

$$P = 0,367 \frac{UI}{V} \eta_0 \quad [\text{kgf}] \quad (\text{III.33})$$

Forța de tracțiune la obadă a locomotivei rezultă din însumarea forțelor (P_1)_i de la toate roțile motoare.

Forța de tracțiune dată de condițiile de aderență rezultă din relația cunoscută :

$$P_a = 1000 \cdot \psi \cdot G_a \quad [\text{kgf}] \quad (\text{III.34})$$

ψ și G_a avînd aceleași semnificații ca și la locomotivele cu abur și diesel.

Pentru determinarea coeficientului de aderență se pot folosi diagramele obținute pe cale experimentală sau diferite formule empirice ca de exemplu :

$$\psi = 0,28 + \frac{8}{100 + 15 V} \quad (\text{III.35})$$

sau formula (III.30 b).

unde:

V este viteza de circulație, în km/h.

Valorile forței de tracțiune ale locomotivei electrice se pot reprezenta grafic obținîndu-se astfel caracteristicile de tracțiune ale locomotivei electrice.

Valorile forțelor de tracțiune la obadă în funcție de viteză pentru locomotivele electrice 060-EA ($G_L = 120$ tone, $V_{\max} = 120$ km/h) și 060-EA 1 ($G_L = 120$ tone, $V_{\max} = 160$ km/h) sînt prezentate pentru regimurile de aderență, unioară și de durată, în fig.III.9).

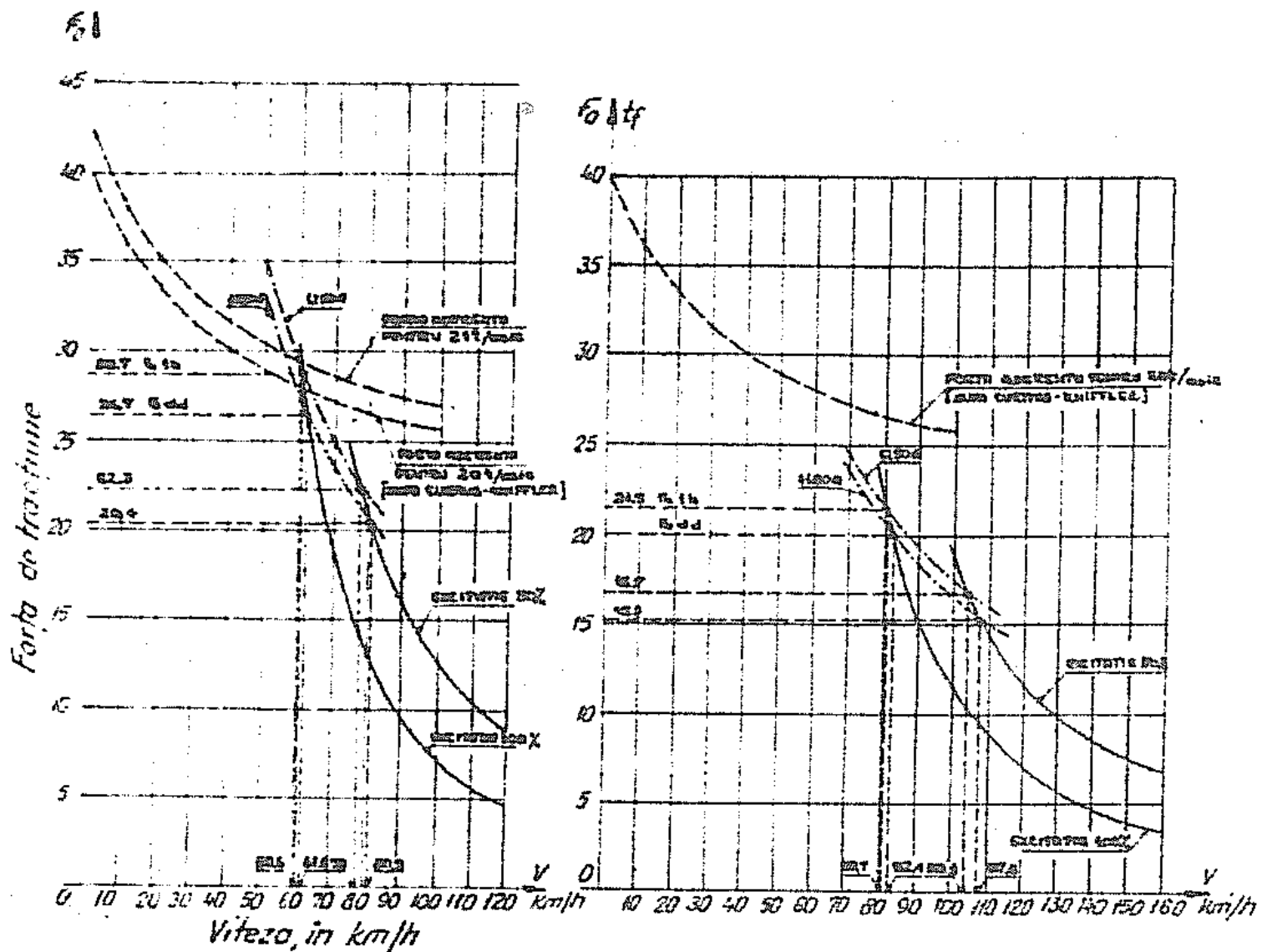


Fig. III.9. Caracteristicile de tracțiune ale locomotivei electrice; a) LE 060-BA; b) LE 060-BA 1

III.2.4. Forțele de rezistență

III.2.4.1. Considerații generale

Prin forțele de rezistență în tracțiunea trenurilor se înțeleg acele forțe care trebuie să fie învinse de forța de tracțiune dezvoltată de locomotivă pentru a se permite deplasarea trenului pe linie.

Rezultanta tuturor forțelor de rezistență care se opun deplasării trenului se numește forță de rezistență la mers a trenului sau simplu, rezistența la mers.

Rezistența la mers depinde de un mare număr de factori: tipul și construcția materialului rulant, caracteristicile liniei în planul de situație și în profilul în lung, vitezele de circulație, condițiile atmosferice etc.

Determinarea corectă a valorii rezistenței la mers prezintă o importanță deosebită și servește la: efectuarea calculului de tracțiune, proiectarea materialului rulant, proiectarea liniilor noi și reconstrucția liniilor existente.

Reducerea rezistenței la mers a trenurilor reprezintă reducerea consumului specific de combustibil și permite folosirea unei aceleasi locomotive la un tonaj sporit sau remorcarea unui tonaj dat cu o viteză de circulație mai mare.

Măsurile care se pot lua pentru reducerea rezistenței la mers sînt: măsuri tehnice și de organizare, (buna întreținere a căii, ungeri corespunzătoare, cuplarea corectă, închiderea ușilor vagoanelor, prelucrarea și montarea corectă a osiilor etc), și măsuri privind calea (introducerea șinelor de tip greu, sudarea rosturilor dintre șine, îmbunătățirea balastului, îndulcirea rampelor, mărirea razelor curbilor, electrificarea liniilor cu rampe pronunțate etc.).

Rezistențele la mers se clasifică astfel :

a/.- după permanența lor în timpul mișcării, în :

- rezistența principală;
- rezistența suplimentară.

b/.- după felul vehiculului în :

- rezistența locomotivei (diesel, electrică, abur);
- rezistența vagonului (marfă, călători, pe două osii, pe patru osii etc.);
- rezistența automotorului.

c/.- după dependența de vitezele de circulație în:

- rezistențe care nu depind de viteză de circulație (ex. rezistența datorită declivității);
- rezistența care depinde de viteză.

Prin rezistența principală se înțelege rezistența la mers a unui vehicul pe o cale în aliniament și palier, în condiții obișnuite de exploatare. Prin rezistențe suplimentare se înțelege acele rezistențe care intervin numai în anumite împrejurări în mișcarea vehiculelor pe cale (exemplu: în curbe, în declivitate, în tunel etc).

Rezistența totală la mers a unui tren poate fi considerată ca: suma rezistenței totale a locomotivei (R_L) și a vagoanelor (R_V):

$$R = R_L + R_V \quad \left[\text{kgf} \right] \quad \text{III.36)}$$

sau ca sumă a rezistenței principale a trenului (R_p) și a rezistenței suplimentare a trenului (R_s) :

$$R = R_p + R_s \quad [\text{kgf}] \quad (\text{III.37})$$

sau în fine, ca sumă rezistențelor care acționează asupra locomotivei și a vagoanelor :

$$R = R_{OL} + R_{iL} + R_{cL} + R_{OV} + R_{iV} + R_{cV} \quad [\text{kgf}] \quad (\text{III.38})$$

unde :

R_{OL} este rezistența la mers a locomotivei în aliniament și palier, în kgf;

R_{iL} - rezistența la mers a locomotivei datorită declivităților, în kgf;

R_{cL} - rezistența la mers a locomotivei datorită curbilor în kgf;

R_{OV} - rezistența la mers a vagoanelor în aliniament și palier în kgf;

R_{iV} - rezistența la mers a vagoanelor datorită declivităților, în kgf;

R_{cV} - rezistența la mers a vagoanelor datorită curbilor, în kgf.

În relația (III.38) s-au neglijat rezistențele incidentale.

Dacă se raportează rezistența totală a locomotivei respectiv a vagoanelor, la greutatea lor se obțin rezistențele specifice. Deci prin rezistența specifică la mers a unui vehicul se înțelege rezistența, în kgf, ce revine pentru o tonă forță din greutatea vehiculului.

Prin urmare, rezistența specifică a locomotivei este :

$$r_L = \frac{R_L}{G_L} \quad [\text{kgf/tf}] \quad (\text{III.39})$$

iar rezistența specifică a vagoanelor

$$r_V = \frac{R_V}{G_V} \quad [\text{kgf/tf}] \quad (\text{III.40})$$

unde: G_L este greutatea locomotivei în stare de serviciu, în tf;

G_V - este greutatea convoiului de vagoane, în tf ;

Rezistența totală la mers (R) se compune din: rezistența la mers în aliniament și palier (R_O), rezistența suplimentară datorită traseului (R_{st}) și rezistențe incidentale (R_s) și se poate determina cu relația :

$$R = R_O + R_{st} + R_s \quad [\text{kgf}] \quad (\text{III.41})$$

III.2.4.2. Rezistența la mers în aliniament și palier

Rezistența la mers în aliniament și palier (numită uneori și "rezistența de rulare în aliniament și palier" sau "rezistența de rulare"

sau "rezistența de bază") se compune din: rezistența datorită frecărilor din lagăre, rezistența datorită rostogolirii roții pe șină, rezistența datorită alunecării roții pe șină (provocată de conicitatea bandajelor, inegalitatea diametrelor roților montate pe aceeași osie și mișcările perturbatorii de șerpuire, legănare și galopare), rezistența datorită șocurilor care se produc între aparatul de rulare și cale și rezistența datorită presiunii și frecării cu aerul.

Toate aceste rezistențe depind de o serie de factori cum sînt: viteza vehiculului, felul și construcția vehiculului (locomotive, automotoare, vagoane cu boghiuri, cu șasiu unic etc.), greutatea vehiculului, calitatea lubrefiantului din lagăre, condițiile atmosferice, lungimea și tipul șinelor, procentul de încărcare a vagoanelor, condițiile de întreținere a căii și a materialului rulant etc.

Deoarece rezistența la mers în aliniament și palier este influențată de un număr mare de factori, care nu pot fi luați în considerare în totalitatea lor, se obișnuiește ca valorile rezistenței la mers în aliniament și palier să se determine folosind diagrame sau formule empirice, stabilite pe baza experiențelor de laborator sau în condiții de exploatare ale materialului rulant.

Aceste diagrame și formule, deși dau valori medii, se aplică în practică deoarece satisfac cu suficientă precizie cerințele exploatarei. În literatura de specialitate există o mare diversitate de formule pentru determinarea rezistenței la mers în aliniament și palier în funcție de felul și construcția materialului rulant.

La calculul rezistenței la mers în aliniament și palier a materialului rulant din parcul CFR se folosesc diagramele caracteristice trasate pe cale experimentală sau diferite formule empirice, și anume:

1. Pentru locomotivele cu abur, în raport cu regimul de funcționare se folosesc datele din diagramele caracteristice pentru rezistența la mers în aliniament și palier ridicate pentru diferite serii de locomotive sau, în lipsa acestor diagrame, se folosește formula empirică :

$$R_{OL} = G_{L+T} (1,6 + 0,023 V + 0,00046 V^2) + 0,06 F_1 + 0,025 V^2 \text{ [kgf]} \quad (\text{III.42})$$

unde:

G_{L+T} este greutatea locomotivei și a tenderului, în tone forță;

V - viteza de circulație, în km/h;

F_1 - forța de tracțiune indicată, în tone forță.

$$\text{sau: } r_{OL} = 2,2 + 0,01 V + 0,0003 V^2 \text{ [kgf/tf]} \quad (\text{III.42 b})$$

2. Pentru locomotivele diesel cu transmisie electrică se folosesc formulele :

- la locomotivele tip 2 D 1 + 1 D 2 :

$$r_{oL} = 3,5 + 0,031 \left[\frac{V + \Delta V}{10} \right]^2 \text{ kgf/tf} \quad (\text{III.43})$$

- la locomotivele tip 060 DA și 060 DA 1

$$r_{oL} = 3,5 + 0,0403 \left[\frac{V + \Delta V}{10} \right]^2 \text{ kgf/tf} \quad (\text{III.44 a})$$

$$\text{sau: } R_{oL} = 3,5 G_L + 0,4 P \left[\frac{V + 12}{10} \right]^2 \text{ [kgf]} \quad (\text{III.44 b})$$

în care: V este viteza de circulație, în km/h;

ΔV - sporul de viteză datorit vitezei vîntului, pentru care se poate admite valoarea medie $\Delta V = 12 \text{ km/h}$.

P - suprafața frontală a LDE ($P = 11,5 \text{ m}^2$)

Pentru calculul rezistenței specifice la mers în aliniament și palier în regim de mers fără tracțiune (r'_{oL}) se poate folosi formula (III.45 c).

3. Pentru locomotivele electrice se folosesc formulele :

- la mersul cu tracțiune :

$$r_{oL} = 1,2 + 0,025 V + 0,00016 V^2 \text{ [kgf/tf]} \quad (\text{III.45 a})$$

$$\text{sau } R_{oL} = 296 + 7,068 \left(\frac{V}{10} \right)^2 \text{ [kgf]} \quad (\text{III.45 b})$$

- la mersul în regim fără tracțiune:

$$r'_{oL} = 2,3 + 0,035 V + 0,0002 V^2 \text{ [kgf/tf]} \quad (\text{III.45 c})$$

4. Pentru automotoare se utilizează formulele :

- la automotoare simple cu 4 osii:

$$R_{oA} = C_1 G_m + 0,25 A \left(\frac{V}{10} \right)^2 \text{ [kgf]} \quad (\text{III.46})$$

- la automotoare duble:

$$R_{oA} = 1,8 G_m + 0,225 A \left(\frac{V}{10} \right)^2 \text{ [kgf]} \quad (\text{III.47})$$

unde: G_m este greutatea automotorului, în tone forță;

A - suprafața frontală, în m^2 ;

V - viteză de circulație, în km/h;

C_1 - un coeficient care depinde de construcția lagărului

$C_1 = 1,2$ pentru lagăre cu rulmenți, $C = 2,0$ pentru lagăre cu alunecare.

5. Pentru vagoane se folosesc :

a/. Formula lui Strahl :

$$r_{oV} = 2 + \left(0,007 + \frac{1}{m} \right) \left(\frac{V + \Delta V}{10} \right)^2 \text{ kgf/tf} \quad (\text{III.48})$$

în care:

ΔV este sporul de viteză care ține seama de creșterea rezistenței datorită vîntului ($\Delta V = 10 - 15 \text{ km/h}$);

$\frac{1}{m}$ - raport care ține seama de felul vagoanelor din tren și are valorile din tabelul III.1.

Valorile raportului $\frac{1}{m}$ (formula Strahl)

Tabelul III.1

Vagoane cu 4 osii pentru trenuri accelerate	$\frac{1}{m}$
Vagoane grele de marfă cu 4 osii, acoperite și încărcate	$\frac{1}{40}$
Vagoane de călători cu 2 și 3 osii	$\frac{1}{30}$
Vagoane de marfă acoperite	$\frac{1}{25}$
Vagoane de marfă amestecate	$\frac{1}{20}$
Vagoane de marfă goale	$\frac{1}{10}$

b/. Formula propusă de Institutul de Cercetări și Proiectări tehnologice în transporturi (I C P T T)

$$r_{ov} = 2 + \frac{v^2}{m} \quad [kgf/tf] \quad (III.49)$$

în care m este un coeficient care ține seama de tipul vagonului din tren și are valorile din ICPTT.

Valorile coeficientului m (formula ICPTT)

Tabelul III.2

Nr. crt.	Tipul vagonului și a trenului	m
1	Vagoane de călători, cu 4 osii	3200
2	Vagoane cisternă și platformă încărcate, cu 4 osii	2500
3	Vagoane de călători cu 2 și 3 osii	1950
4	Trenuri de marfă în compunere amestecată cu vagoane goală și încărcate	1600
5	Vagoane cisterne goale, cu 2 și 4 osii și vagoane de cărbuni goale	1100
6	Trenuri de marfă goale în compunere amestecată, vagoane goale acoperite cu 2 osii și vagoane platforme goale cu 4 osii	850

Valorile rezistenței specifice la mers în aliniament și pașier pentru diferite tipuri de vagoane, calculate cu formula propusă de ICPTT, sînt date în figura III.10.

a/. Alte formule :

- pentru vagoanele de marfă pe două osii :

$$r_{ov(2)} = 1,4 + 0,02 V + \frac{0,5}{G_{V2}} V \quad [\text{kgf/tf}] \quad (\text{III.50 a})$$

- pentru vagoane de marfă pe patru osii :

$$r_{ov(4)} = \frac{65+V}{12 + 0,55 G_{V4}} \quad [\text{kgf/tf}] \quad (\text{III.50 b})$$

în care :

V este viteza în km/h;

G_{V2} , G_{V4} - greutatea de calcul a unui vagon de marfă pe două osii, respectiv 4 osii, în tone forță.

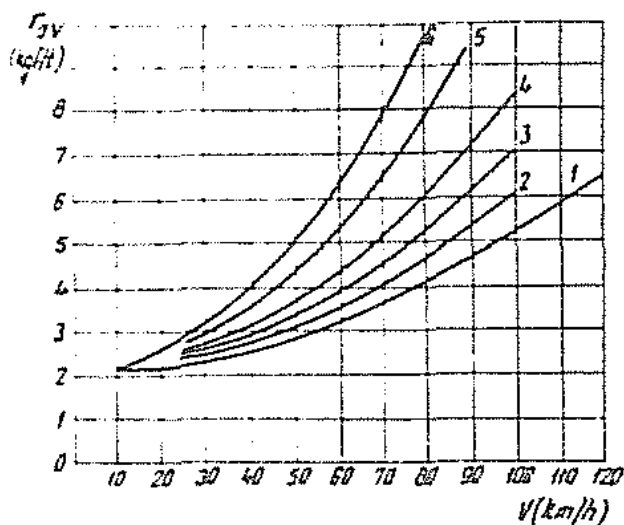


Fig. III.10. Rezistența specifică la mers în aliniament și palier pentru diferite tipuri de vagoane, calculată cu formula ICPTT

categoria de vagoane, fie pornind de la cunoașterea numărului de vagoane de diferite categorii.

a/. Calculul rezistenței specifice medii a garniturii la mers în aliniament și palier, când se cunoaște greutatea vagoanelor grupate pe tipuri, se face cu relația :

$$r_{o\text{ mV}} = \frac{\sum r_{oi} G_{iV}}{\sum G_{iV}} = \frac{r_{o1}G_1 + r_{o2}G_2 + \dots + r_{on}G_n}{G_V} = r_{o1} \frac{G_1}{G_V} + r_{o2} \frac{G_2}{G_V} + \dots + r_{on} \frac{G_n}{G_V} = r_{o1} \beta_1 + r_{o2} \beta_2 + \dots + r_{on} \beta_n \quad [\text{kgf/tf}] \quad (\text{III.51})$$

Rezistența la mers în aliniament și palier a trenului se determină prin însumarea rezistenței la mers ce acționează asupra tuturor vehiculelor din compunerea sa.

În general, trenurile sînt formate din vagoane de diferite tipuri și cu încărcături diferite. Din această cauză este necesar să se determine o rezistență specifică medie, care să țină seama de ponderea fiecărei categorii de vagoane.

Calculul rezistenței specifice medii a garniturii de vagoane la mers în aliniament și palier se poate face, fie pornind de la cunoașterea greutății fiecărei ca-

în care:

$G_1, G_2 \dots G_n$ - reprezintă greutatea vagoanelor grupate pe categorii de vagoane, în tone forță;

$G_V = \sum G_i$ - greutatea întregii garnituri de vagoane;

$\beta_1, \beta_2 \dots \beta_n$ - ponderea greutății fiecărei grupe de vagoane față de greutatea totală a garniturii de vagoane și deci: $\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n = 1$

b/. Calculul rezistențelor specifice medii a garniturii la mers în aliniament și în palier, cînd se cunoaște numărul de vagoane a fiecărei categorii de vagoane se face cu o relație similară cu relația (III.51). În care ponderea greutății fiecărei grupe de vagoane față de greutatea totală a garniturii de vagoane s-a înlocuit prin raportul dintre numărul de vagoane a fiecărei categorii de vagoane față de numărul total de vagoane al garniturii, după cum urmează :

$$\beta_n = \frac{G_n}{G_V} = \frac{n_n \cdot G_n}{n_1 G_1 + n_2 G_2 + \dots + n_n G_n} = \frac{n_n \cdot G_n}{n_1 \gamma_1 G_1 + n_2 \gamma_2 G_2 + \dots + n_n \gamma_n G_n} = \frac{\gamma_n \cdot G_n}{\gamma_1 G_1 + \gamma_2 G_2 + \dots + \gamma_n G_n} \quad (\text{III.52})$$

Înlocuind în relația (2.51), se obține :

$$r_{cmV} = r_{o1} \frac{\gamma_1 G_1}{\gamma_1 G_1 + \gamma_2 G_2 + \dots + \gamma_n G_n} + r_{o2} \frac{\gamma_2 G_2}{\gamma_1 G_1 + \gamma_2 G_2 + \dots + \gamma_n G_n} + \dots + \frac{\gamma_n G_n}{\gamma_1 G_1 + \gamma_2 G_2 + \dots + \gamma_n G_n} \quad [\text{kgf/tf}] \quad (\text{III.53})$$

în care: $n_1, n_2 \dots n_n$ reprezintă numărul de vagoane din fiecare categorie;

$G_1, G_2, \dots G_n$ - greutatea de calcul a vagonului, în tone forță

$\gamma_1, \gamma_2, \dots \gamma_n$ - raportul dintre numărul de vagoane a unei categorii de vagoane către numărul total de vagoane al garniturii și deci :

$$\gamma_1 + \gamma_2 + \dots + \gamma_n = 1$$

Rezistența la mers în aliniament și în palier a unui tren se determină cu relațiile :

- la mers în regim de tracțiune :

$$R_o = r_{oL} \cdot G_L + r_{cmV} \cdot G_V \quad [\text{kgf}] \quad (\text{III.54 a})$$

- la mers în regim fără tracțiune :

$$R'_o = r'_{oL} \cdot G_L + r_{cmV} \cdot G_V \quad [\text{kgf}] \quad (\text{III.54 b})$$

Rezistența specifică a unui tren la mers în aliniament și în palier se determină, în funcție de regimul de funcționare al locomotivelor, cu relațiile :

- la mers în regim de tracțiune :

$$r_o = \frac{r_{oL} \cdot G_L + r_{oMV} \cdot G_V}{G_L + G_V} \quad \left[\frac{\text{kgf}}{\text{tf}} \right] \quad (\text{III.55 a})$$

- la mers în regim fără tracțiune :

$$r'_o = \frac{r_{oL} \cdot G_L + r_{oMV} \cdot G_V}{G_L + G_V} \quad \left[\frac{\text{kgf}}{\text{tf}} \right] \quad (\text{III.55 b})$$

în care: r_{oL} , r'_{oL} este rezistența specifică la mers în aliniament și palier a locomotivei în regim de tracțiune, respectiv fără tracțiune.

III.2.4.3. Rezistența la mers datorită traseului

Rezistența suplimentară la mers datorată traseului se compune din:

- rezistența la mers în curbe (R_c);
- rezistența la mers în declivitate (R_d).

Rezistența la mers în curbe. La trecerea prin curbă vehiculul întâmpină o rezistență suplimentară față de mersul pe o linie în aliniament, datorită apariției unor forțe de frecare suplimentare.

Cauzele care produc forțele de frecare suplimentare la însoțirea vehiculului în curbă sînt următoarele :

a). În timpul trecerii vehiculului prin curbă apare forța de ghidare care împiedică deplasarea vehiculului după direcția tangentei la curbă. Între buze bandajului roții ghidate și fața laterală activă a șinei se produce o frecare de alunecare suplimentară.

b). La trecerea prin curbă cele două roți ale aceleiași osii au de parcurs drumuri de lungimi diferite; roata exterioară parcurge un drum mai lung decît roata interioară, deoarece firul exterior al curbei avînd o rază de curbură mai mare, este mai lung decît firul interior. Roțile sînt montate rigid pe osii și au tendința să ruleze pe circonferința corespunzătoare cu lungimile pe care urmează să le parcurgă; în consecință - datorită solidarizării roților - se produc deplasări longitudinale și transversale ale roților față de cele, însoțite de frecări de alunecare suplimentare.

c) La intrarea și ieșirea din curbă, la vagoanele cu boghiuri are loc o mișcare de rotație în jurul centrului de pivotare care produce o frecare de alunecare în crapodină.

Rezistența la mers în curbe depinde de un mare număr de factori, și anume: raza curbei, supraînlărgirea căii în curbă, ecartamentul liniei, ampetamentul materialului rulant, viteza de mers,

existența și tipul boghiului, tensiunile din operetele de legare și tamponare, gradul de uzură al bandajelor și al șinelor, umiditatea mediului ambiant și gradul de ungere între suprafețele în contact (buză bandajelor și ciuperca șinei etc.).

Dat fiind că rezistența la mers în curbe depinde de un număr mare și variază de factori, determinarea ei analitică este o operație complicată, din care cauză, pentru calcule se folosesc formule stabilite pe cale experimentală.

Pentru determinarea rezistenței specifice la mers în curbe, la CFR se folosesc formulele lui Rüchli și anume :

- pentru ecartamentul normal, $e = 1435 \text{ mm}$

$$r_0 = \frac{650}{R-55} \left[\text{kgf/tf} \right], \text{ dacă } R > 350 \text{ m} \quad (\text{III.56 a})$$

$$r_0 = \frac{530}{R-35} \left[\text{kgf/tf} \right], \text{ dacă } 250 < R < 350 \quad (\text{III.56 b})$$

$$r_0 = \frac{500}{R-30} \left[\text{kgf/tf} \right], \text{ dacă } R < 250 \text{ m} \quad (\text{III.56 c})$$

- pentru ecartamentul îngust $e = 1000 \text{ mm}$

$$r_0 = \frac{400}{R-20} \left[\text{kgf/tf} \right] \quad (\text{III.57})$$

- pentru ecartamentul $e = 700-750 \text{ mm}$

$$r_0 = \frac{300}{R-10} \left[\text{kgf/tf} \right] \quad (\text{III.58})$$

- pentru ecartamentul $e = 600 \text{ mm}$

$$r_0 = \frac{200}{R-5} \left[\text{kgf/tf} \right] \quad (\text{III.59})$$

în care : R este raza curbei, în m.

Pentru calculul rezistenței specifice la mers prin curbe se mai folosesc și formule care țin seama și de influența vitezei de circulație, ca de exemplu :

$$r_0 = \frac{32V}{R} \left[\text{kgf/tf} \right] \quad (\text{III.60})$$

Formulele prezentate dau rezistența suplimentară în kgf/tf din greutatea părții de tren ce se găsește în curbă; totuși pentru simplificarea calculelor se admite că rezistența obținută privește întregul tren. În calcule mai exacte trebuie să fie luat în considerare și raportul dintre lungimea curbei și lungimea trenului.

Dacă la calculul rezistenței specifice la mers prin curbe se ține seama și de lungimea curbei în raport cu lungimea trenului.

ICFTT propune să fie folosite următoarele relații de calcul:

- pentru cazul cînd lungimea trenului (l_{tr}) este mai mică sau egală cu lungimea curbei (l_c) :

$$r_0 = \frac{800}{R} \quad [\text{kgf/tf}] \quad (\text{III.61})$$

- pentru cazul cînd lungimea trenului este mai mare decît lungimea curbei:

$$r_c = \frac{800}{R} \cdot \frac{l_c}{l_{tr}} \quad [\text{kgf/tf}] \quad (\text{III.62})$$

Rezistența la mers în declivitate. La deplasarea unui vehicul de cale ferată pe o rampă, acesta trebuie să învingă, în afară de rezistența la mers în aliniament și palier, și o rezistență suplimentară dată de componenta greutății vehiculului pe direcția de deplasare (fig. III.11)

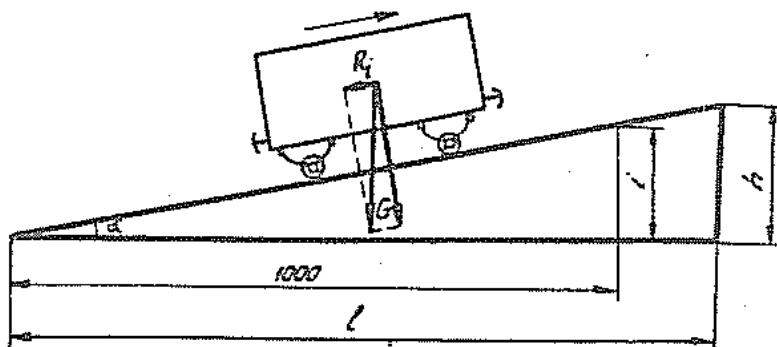


Fig. III.11. Rezistența la mers în declivitate

Prin descompunerea greutății vehiculului după direcția de mers și normală pe această direcție, componenta R_1 reprezintă rezistența la mersul pe rampă și are valoarea :

$$R_1 = 1000 G \sin \alpha \quad [\text{kgf}] \quad (\text{III.63})$$

unde:

G este greutatea vehiculului, în tone forță

α - unghiul de înclinație a declivității.

Datorită faptului că în condițiile liniilor de cale ferată valorile unghiului α sînt foarte mici ($\alpha \leq 2-3^\circ$) se poate considera $\sin \alpha \cong \tan \alpha$, de unde rezultă :

$$R_1 = 1000 G \tan \alpha \quad [\text{kgf}] \quad (\text{III.64})$$

Înlocuind $\tan \alpha$ cu valorile ce rezultă din figura (III.11) se obține :

$$R_1 = 1000 G \frac{h}{l} \quad [\text{kgf}] \quad (\text{III.65})$$

Pe de altă parte se știe că mărimea declivității unui element

de profil este dată de raportul dintre diferența de nivel a punctelor extreme și proiecția orizontală a lungimii acestuia. Intrucît declivitatea se stabilește în raport cu distanța de 1000 m și se exprimă în ‰, din figura (III.11), se poate scrie :

$$\frac{h}{l} = \frac{1}{1000}$$

În acest caz relația (III.65) devine :

$$R_1 = G \cdot i \quad [\text{kgf}] \quad (\text{III.66})$$

sau:

$$r_1 = \frac{R_1}{G} = \frac{G \cdot i}{G} = i \quad [\text{kgf/tf}] \quad (\text{III.67})$$

de unde rezultă că rezistența specifică dată de declivitate exprimată în kgf/tf, depinde de natura declivității (rampă sau pantă) și este egală numeric cu declivitatea exprimată în ‰.

În calculele de tracțiune declivitatea se consideră cu semnul (+) dacă trenul circulă în rampă și cu semnul (-) dacă trenul circulă în pantă.

III.2.4.4. Rezistența la mers incidentală

Rezistența la mers incidentală se compune din :

- rezistența la demarare (R_d);
- rezistența la accelerare (R_{ω});
- rezistența provocată de vînt (R_v);
- rezistența provocată de temperaturile joase (R_{tj});
- rezistența la trecerea prin tuneluri (R_{tn}).

Rezistența la demarare. La dămararea trenului apar rezistențe suplimentare produse în special de faptul că în timpul staționării sporește coeficientul de frecare dintre cuzineți și fusuri precum și de faptul că deformarea suprafețelor de contact dintre roată și șină este mai mare decît deformarea din timpul mișcării.

Valorile rezistenței la demaraj nu au putut fi stabilite teoretic; pentru determinarea mărimii lor au fost efectuate măsurători experimentale, cu vagonul dinamometric. Dacă toate vagoanele s-ar pune în mișcare în acelaș timp, rezistența la demarare ar avea valori considerabile ($r_d = 20 - 30 \text{ kgf/tf}$). Situația este ușurată prin faptul că vagoanele se pun în mișcare în mod succesiv. Uneori pentru ușurarea demarării se comprimă trenul în prealabil.

Rezistența specifică la demarare se determină cu ajutorul unor formule empirice :

$$r_0 + r_d = 11,2 - 0,3 q_0 \quad [\text{kgf/tf}] \quad (\text{III.68})$$

q_0 este sarcina pe osie la șină, în tonsefortă

Se observă că această relație înglobează pe lângă rezistența specifică suplimentară la demaraj (r_d) și rezistența specifică la mers în aliniament și palier (r_0).

Rezistența la demaraj joacă un rol important în proiectarea liniei în stațiile și haltele de mișcare, precum și pe sectoarele de linii situate la intrarea în stații și haltele de mișcare.

Rezistența la accelerare este rezistența care trebuie să fie învinsă pentru ca un tren să atingă viteza maximă admisă efectuând o mișcare uniform accelerată.

Rezistența la accelerare se determină cu formula :

$$R_a = 102 a (1+C) \quad [\text{kgf}] \quad (\text{III.69})$$

în care:

a este accelerația, în m/s^2 . Valoarea accelerației la demaraj depinde de felul trenului și de modul de remorcare, și este :

$a = 0,15 - 0,20 \text{ m/s}^2$ pentru trenuri remorcate de locomotive cu abur;

$a = 0,25 - 0,35 \text{ m/s}^2$ pentru trenuri remorcate cu locomotive diesel;

$a = 0,30 - 0,40 \text{ m/s}^2$ pentru trenuri remorcate cu locomotive electrice;

$a = 0,40 - 0,80 \text{ m/s}^2$ pentru automotoare.

C - un coeficient care ține seama de existența maselor în mișcare de rotație (roți, contragreutățile bielei, manivela etc.) și care are valorile :

$C = 0,02$ pentru vagoane;

$C = 0,09$ pentru locomotivele cu abur;

$C = 0,012$ pentru locomotivele diesel;

$C = 0,033$ pentru locomotivele electrice.

Rezistența vîntului care suflă în direcția contrară sensului de mers și care face cu aceasta un unghi δ , se calculează cu formula :

$$R_v = \frac{C}{16} \cdot v^2 \frac{S}{G} \quad [\text{kgf}] \quad (\text{III.70})$$

în care:

C este un coeficient care depinde de unghiul δ ;

v_r - viteza rezultată din compunerea vitezei vehiculului cu viteza vîntului;

S - suprafața transversală a vehiculului, în metri pătrați;

G - greutatea vehiculului, în tone forță.

Această formulă se aplică la rularea vagoanelor pe cocoșele de triere. Se iau în considerație numai vînturile dominante.

Rezistența dată de vînt este independentă de rezistența aerului, care depinde de viteza de circulație a trenurilor, și care intră

în calculul rezistenței la mers în aliniament și palier.

Prin formele aerodinamice ale materialului rulant se reduce și rezistența datorită vântului.

Rezistența temperaturilor joase se ia în considerare la temperaturi sub -10°C și apare ca o rezistență suplimentară ce se opune la înaintarea vehiculelor pe șină atât datorită gheții care se formează pe suprafața de rulare a șinei, cât și sporirii viscozității unsoarelor în lagăre.

Valoarea rezistenței la temperaturi joase se calculează cu formula:

$$r_{tj} = 0,001 \cdot T^2 \quad [\text{kgf/tf}] \quad (\text{III.71})$$

unde:

T este temperatura medie a anului în lunile cele mai friguroase;

Rezistențele suplimentare datorită temperaturilor joase au o importanță deosebită la rularea vagoanelor pe cocoșele de triere din care cauză uneori se construiește și o cocoșă mai înaltă (numită cocoșă de iarnă), care se utilizează în perioada sezonului rece.

La remorcarea trenurilor se ține seama de faptul că temperaturile joase sînt concomitente cu vînturile puternice sau chiar cu viscoale și, în consecință, tonajele trenurilor trebuie reduse în mod corespunzător.

Rezistența în tunel se datorește rezistenței sporite a aerului într-un spațiu limitat; totodată în tunel scade aderența dintre roată și șină datorită umezelei din tunel ceea ce îngreunează și mai mult deplasarea vehiculului.

Din măsurătorile experimentale rezultă că rezistența în tunel este de circa 5-20% mai mare decît în sectoarele de linie deschise și este în funcție de lungimea tunelului, gradul de ventilație al tunelului și natura forței de tracțiune.

Practic rezistența suplimentară care apare în tunel este luată în considerare prin reducerea declivității în tunel, astfel încît rezistența liniei în tunel să fie mai mică sau cel mult egală cu rezistența caracteristică a liniei de pe sectoarele de linie deschise.

III.2.4.5. Rezistența la mers a trenului

Cînd trenul circulă pe o linie ce are un traseu și un profil oarecare, în condiții normale de exploatarea liniei, rezistența specifică totală se obține prin însumarea rezistenței specifice medii la mers în aliniament și palier cu rezistențele specifice datorite curbelor și declivităților

Pentru cazul cînd locomotivele funcționează în regim de tracțiune, rezistența specifică totală este :

$$r = r_0 + r_1 \pm i \quad [\text{kgf/tf}] \quad (\text{III.72})$$

iar rezistența totală a trenului:

$$R = (r_0 + r_0 \pm 1)(G_L + G_V) \quad [\text{kgf}] \quad (\text{III.73}).$$

Pentru cazul cînd locomotiva circulează în regim fără tracțiune rezistența specifică totală este :

$$r' = r_0' + r_0 \pm 1 \quad [\text{kgf/tf}] \quad (\text{III.74})$$

iar rezistența totală a trenului este:

$$R' = (r_0' + r_0 \pm 1)(G_L + G_V) \quad [\text{kgf}] \quad (\text{III.75})$$

Pe măsura creșterii vitezei de circulație, rezistența produsă de presiunea și frecarea cu aerul își mărește ponderea, ajungînd la 45% din rezistența principală la viteza de 160 km/h. De aceea la calculul rezistenței la mersul trenului cu viteze mari trebuie să se țină seama de influența lungimii, compunerii și formei trenului asupra rezistențelor de mers.

III.2.5. Forța de frînare a trenului

III.2.5.1. Considerații generale

Prin forțele de frînare se înțeleg forțele exterioare care acționează asupra trenului în sens invers sensului de deplasare al trenului și sînt provocate cu ajutorul unor instalații speciale de frînare.

În exploatarea căilor ferate frînarea are o importanță tot atît de mare ca și forța de tracțiune deoarece contribuie la asigurarea circulației normale a trenurilor. Forța de frînare permite reducerea vitezei de deplasare a vehiculului eventual pînă la anularea ei.

Forța de frînare se utilizează pentru: oprirea trenurilor în punctele de secționare, micșorarea vitezei de circulație la trecerea trenurilor pe sectoare de linie cu curbe cu raze mici, pante mari, terasamente și suprastructură slăbite, pentru efectuarea manevrelor în stații, pentru trierea vagoanelor în stațiile de triaj pentru evitarea unor eventuale accidente de circulație.

Frînarea vehiculului se produce cu ajutorul instalațiilor de frînă.

Frînarea trebuie să se realizeze progresiv, iar drumul tehnic de frînare - adică drumul parcurs de vehicul din momentul manipulării robinetului frînei și pînă la oprire totală - trebuie să fie relativ scurt. La C.F.R. drumul tehnic de frînare este de 700-1000 m. Aceasta reclamă o valoare ridicată a accelerației medii de frînare.

După mijlocul folosit pentru realizarea forței de frînare, se deosebesc mai multe sisteme de frînare, și anume: cu saboți, (tobe, discuri), cu patine, cu frîne de cale, cu saboți de cale, cu contra-

presiune și electrică.

În general, la vehiculele de cale ferată se folosește procedeul de frînare prin apăsarea saboților pe suprafețele de rulare ale bandajelor (fig. III.12). Celelalte sisteme de frînare se aplică numai în anumite condiții de exploatare sau numai pe anumite vehicule, ca un mijloc suplimentar de frînare.

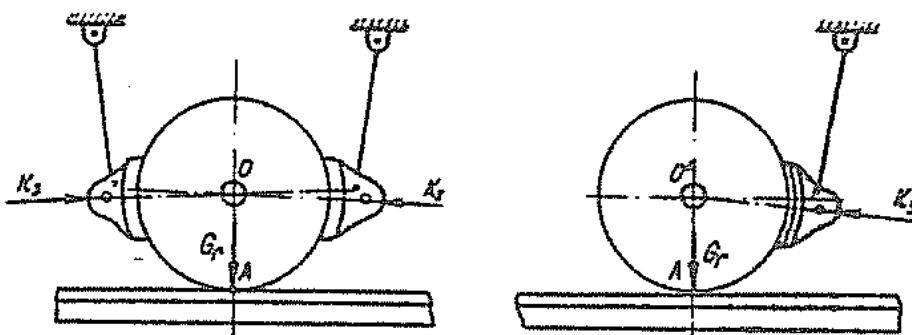


Fig. III.12. Frînarea cu saboți

III.2.5.2. Forța de frînare ca rezultat al apăsării saboților de frînă

La frînarea cu saboți, forța de frînare necesară opririi trenului, reducerii sau menținerii vitezei de mers se obține prin apăsarea unor saboți pe suprafețele de rulare ale bandajelor roților.

Asupra unei roți pot acționa saboți din ambele părți (frînă simetrică fig. III.12a) sau dintr-o singură parte (frînă asimetrică) (fig. III.12 b)

În general, vagoanele sînt înzestrate cu frînă simetrică, întrucît la o viteză dată, coeficientul de frecare dintre sabot și roată este mai mare atunci cînd forța de apăsare este mai mică. La unele boghiuri pentru vagoanele de marfă, din motive de simplificare, și la unele locomotive cu abur, din cauza lipsei de spațiu pentru montarea saboților se utilizează frînele asimetrice.

Frînele cu saboți realizează o forță de frînare a trenului care poate fi de 3-6 ori mai mare decît forța de tracțiune dezvoltată de locomotivă întrucît greutatea aderentă care limitează forța de frînare este mai mare decît greutatea aderentă a locomotivei care limitează forța de tracțiune.

Acțiunea frînelor cu saboți poate fi manuală (frînă de mînă) sau automată (frînă cu aer comprimat).

Frîna cu saboți acționată manual transmite efortul de frînare numai asupra roților unui singur vehicul și de aceea se numește discontinuă.

Frînarea automată permite comanda instalațiilor de frînă, de pe toate vehiculele trenului dintr-un singur loc și de aceea se mai

numește și frână continuă.

În ultimul timp, pe vehiculele de cale ferată s-au generalizat frânele continue automate cu aer comprimat.

Procesul de formare al forței de frînare este, în principiu, același cu procesul de formare a forței de tracțiune. Cu ajutorul sabotului ce apasă pe bandaj, se produce un cuplu rezistent M_1 (fig. III.13). Roata avînd o mișcare de rotație, prin acțiunea forței K asupra sabotilor, între sabot și roată se dezvoltă o forță de frecare alunecare μK în care μ este coeficientul de frecare de alunecare dintre sabot și bandaj.

Momentul rezistent M_1 (fig. III.13) are valoarea :

$$M_1 = \mu K R$$

Ca și în cazul dezvoltării forței de tracțiune, cuplul M_1 dă naștere, cînd roata se rostogolește fără alunecare, unei perechi de forțe (B_1-B_1) care acționează în centrul osiei și respectiv în punctul de contact al roții cu șina.

Forța B_1 de la contactul dintre roată și șină, ca forță de acțiune asupra roții, este opusă forței de tracțiune.

După cum rezultă din figura III.13) :

$$B_1 = \mu K \quad [\text{kgf}] \quad (\text{III.76})$$

La o frînare corectă trebuie realizată valoarea maximă a forței de frînare și totodată roată să-și continue mișcarea de rostogolire fără alunecare (a se vedea pct. III.2.2). Dacă se neglijează efectul cuplului

$I \frac{d\omega}{dt}$ și efectul cuplului provocat de frecările dintre cu-

zinet și fus și frecarea de rostogolire, efecte care sînt reduse în comparație cu forța B_1 , atunci condiția de rostogolire fără alunecare este îndeplinită dacă se păstrează inegalitatea :

$$B_1 \max \leq \psi G_r \quad [\text{kgf}] \quad (\text{III.77})$$

unde :

ψ este coeficientul de aderență între roată și șină;

G_r - forța cu care roata apasă asupra șinei, în tone forță.

x) I reprezintă momentul de inerție polar al masei roții în raport cu centrul roții;

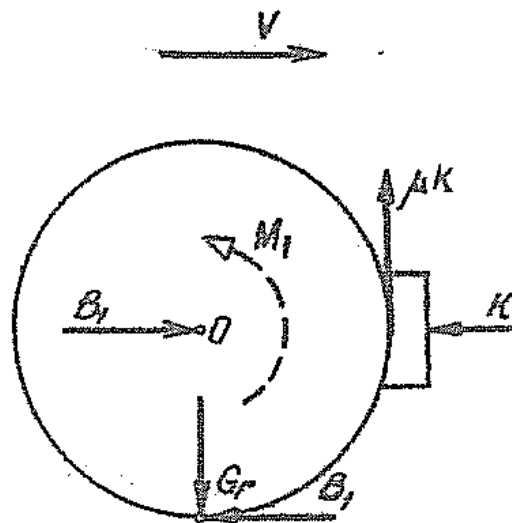


Fig. III.13. Procesul de formare al forței de frînare

Deoarece se are în vedere condiția de frînare dată de inegalitatea (III.77), se poate scrie :

$$\mu K \leq \psi \cdot G_r \quad (\text{III.78})$$

de unde:

$$\frac{K}{G_r} \leq \frac{\psi}{\mu} \quad (\text{III.79})$$

Raportul $\frac{K}{G_r}$ se notează cu δ și este denumit coeficientul presiunii saboturilor.

Din relația (III.76), rezultă că forța de frînare depinde de valoarea forței de apăsare a sabotului pe roată și de coeficientul de frecare dintre sabot și roată.

Cercetările efectuate au arătat că valoarea coeficientului de frecare depinde de viteza de mers, de presiunea dezvoltată de sabot, de materialul din care sînt confecționați sabotii și bandajele, de forma sabotului, de capacitatea sabotului de a conduce căldura etc.

Formulele elaborate pentru determinarea coeficientului de frecare nu pot cuprinde toți factorii care influențează asupra valorii acestuia.

Pentru determinarea coeficientului de frecare în cazul unor saboti normali de fontă se recomandă formula :

$$\mu = 0,6 \frac{16 K + 100}{80 K + 100} \cdot \frac{V + 100}{5V + 100} \quad (\text{III.80})$$

Valoarea forței de apăsare a sabotului pe roată se stabilește cu relația :

$$K = \delta \cdot G_r \quad [\text{kgf}] \quad (\text{III.81})$$

unde:

δ este coeficientul presiunii saboturilor și se ia $\delta = 0,5-0,6$ la locomotive și automotoare, $\delta = 0,6-0,7$ pentru vagoane de marfă și $\delta = 0,7-0,9$ pentru vagoane de călători;

G_r - forța cu care roata apasă asupra șinei, în tone forță.

III.2.5.3. Calculul forței de frînare a trenului

Forța de frînare ce acționează asupra unui tren este determinată de numărul de osii frînate, numărul de saboti ce acționează asupra fiecărei roți, forța de apăsare a saboturilor pe roată și de coeficientul de frecare dintre sabot și bandaj, fiind limitată de valoarea coeficientului de aderență.

Deoarece fiecare sabot produce o forță de frînare egală cu:

$$B_s = 1000 \cdot \mu \cdot K_s \quad [\text{kgf}]$$

atunci forța de frînare a întregului tren va fi :

$$B = 1000 \left(\sum \mu_v K_{sv} + \sum \mu_l K_{sl} \right) \quad [\text{kgf}] \quad (\text{III.82})$$

în care:

K_{GV}, K_{GL} reprezintă forțe de apăsare pe fiecare esbet al vehiculelor remorcate respectiv al locomotivei, în tone forță;
 μ_V, μ_L - coeficientul de frecare dintre esboți și bandaje, pentru vehiculele remorcate, respectiv pentru locomotivă.

Calcululele de tracțiune se efectuează fără a se mai lua în considerare forța de frinare a locomotivei. În acest caz forța de frinare a trenului este dată numai de frânele vehiculelor remorcate iar relația (III.82), devine :

$$B = 1000 \sum \mu K_{GV} \quad [\text{kgf}] \quad (\text{III.83})$$

În calcululele de tracțiune se utilizează mai mult forța specifică de frinare care reprezintă forța totală de frinare, raportată la tonajul brut al trenului, adică:

$$b = \frac{B}{G_V + G_L} = \frac{1000 \sum \mu K_{GV}}{G_V + G_L} \quad [\text{kgf/tf}] \quad (\text{III.84})$$

Pentru cazul cînd se consideră că valoarea coeficientului de frecare este aceeași pentru toate vehiculele remorcate din tren, relația (III.84) se poate scrie :

$$b = 1000 \mu \frac{\sum K_{GV}}{G_V + G_L} = 1000 \mu \cdot \theta \quad [\text{kgf/tf}] \quad (\text{III.85})$$

unde:

$$\theta = \frac{\sum K_{GV}}{G_V + G_L} \text{ este coeficientul de frinare al trenului.}$$

III.2.6. Rezultanta forțelor care acționează asupra trenului

Forțele exterioare care acționează asupra trenului în direcție sa de deplasare sînt: forța de tracțiune la obadă dezvoltată de locomotivă (P), forța totală de rezistență (R) și forța de frinare (B).

Din relațiile de determinare, rezultă că, toate forțele care acționează asupra trenului depind, printre alți factori, și de viteză.

- Deci forțele care acționează asupra trenului pot fi scrise în funcție de viteză sub formă : $P = f_1(V)$, $R = f_2(V)$ și $B = f_3(V)$; folosind relațiile lor de determinare, pot fi reprezentate în funcție de viteză.

De aici rezultă că, și rezultanta acestor forțe este tot o funcție de viteză și deci poate fi reprezentată grafic în raport cu viteza de circulație.

Rezultanta forțelor care acționează asupra trenului care se deplasează pe o linie în aliansement și palier, dacă se neglijează forțele incidentale, este de forma :

- pentru regimul de mers cu tracțiune :

$$F - R_0 = \varphi_1 (V) \quad (\text{III.86 a})$$

- pentru regimul de mers fără tracțiune :

$$-R'_0 = \varphi_2 (V) \quad (\text{III.86 b})$$

- pentru regimul de mers cu frinare :

$$-(R'_0 + B) = \varphi_3 (V) \quad (\text{III.86 c})$$

Forța care acționează asupra trenului în mișcare pe o linie cu un plan de situație și profil în lung carecare, depinde de regimul de funcționare al locomotivei iar rezultanta acestor forțe, dacă se neglijează forțele incidentale, este de forma :

- pentru regimul de mers în tracțiune :

$$F - (R'_0 + R_0 \pm R_1) = F - R = f_I(V) \quad (\text{III.87 a})$$

- pentru regimul de mers fără tracțiune :

$$(R'_0 + R_0 \pm R_1) = -R' = f_{II}(V) \quad (\text{III.87 b})$$

- pentru regimul de mers cu frinare :

$$(R'_0 + R_0 \pm R_1 + B) = -(R' + B) = f_{III}(V) \quad (\text{III.87 c})$$

Curba $(F-R) = f_I(V)$ se obține din funcțiile $F = f_1(V)$ și $R = f_2(V)$, astfel: corespunzător diferitelor valori ale vitezei se scad din ordonatele forței de tracțiune ordonatele rezistenței totale, obținându-se valorile ordonatelor curbei $F - R = f_I(V)$, așa cum se vede în fig.(III.14).

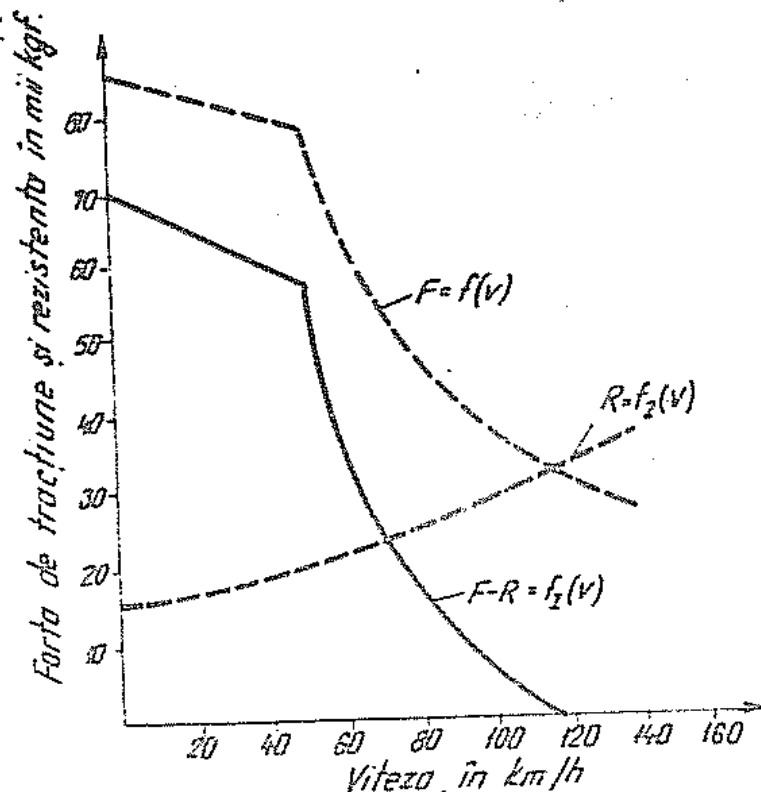


Fig.III.14. Determinarea forței rezultante în regimul de mers cu tracțiune

În mod analog se obține rezultanta forțelor care acționează asupra trenului în regimul de mers fără tracțiune - $R' = f_{II}(V)$, (fig. III.15), precum și în regimul de mers cu frinare - $-(R' + B) = -f_{III}(V)$, (fig. III.16).

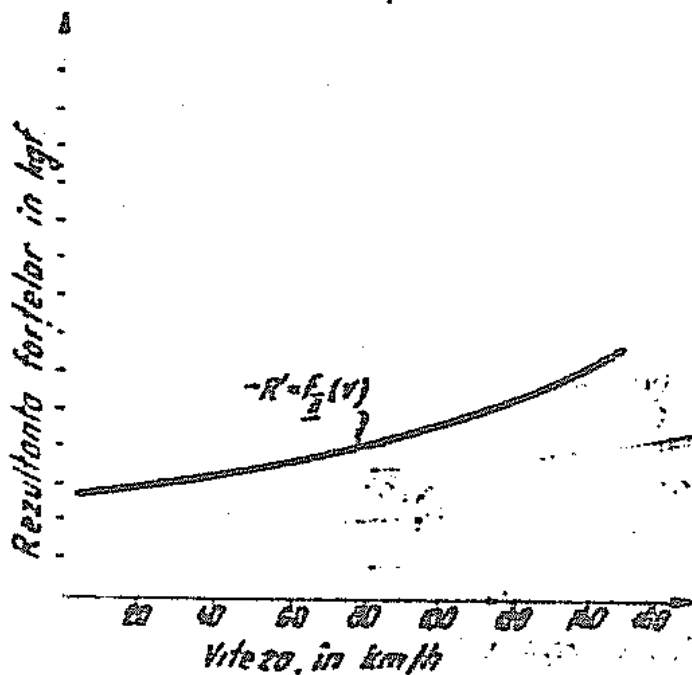


Fig. III.15. Diagrama forței rezultante în regim de mers fără tracțiune.

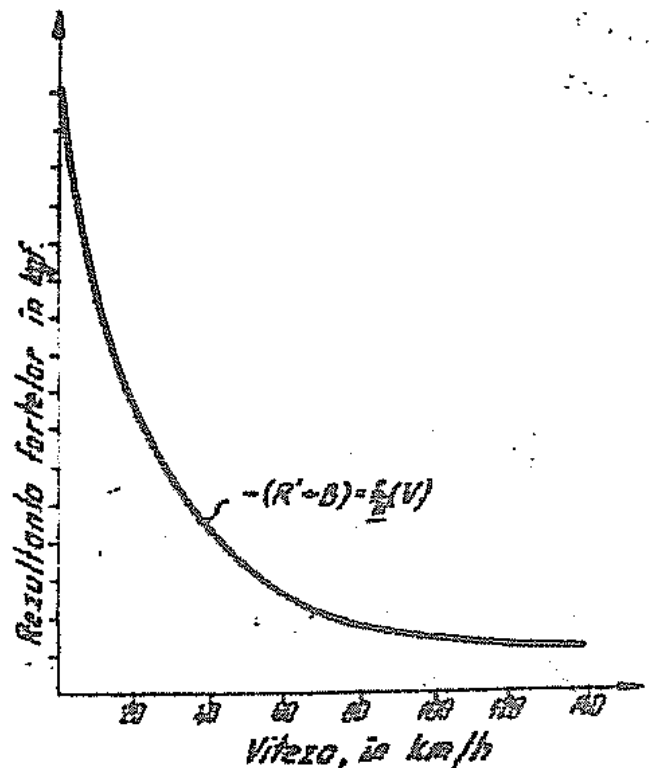


Fig. III.16. Diagrama forței rezultante în regimul de mers cu frinare.

În calculele de tracțiune se folosește: rezultanta forțelor specifice care acționează asupra trenului, denumită forța specifică de accelerație.

Rezultanta forțelor specifice de accelerație care acționează asupra unui tren care circulează pe o linie în aliniament și palier, dacă se neglijează forțele de rezistență incidentale, se calculează cu relațiile :

- pentru regimul de mers cu tracțiune :

$$\frac{P - R_0}{G_L + G_V} = (i - r_0) = f_1(V)$$

(III.88 a)

- pentru regimul de mers fără tracțiune :

$$-\frac{R'_0}{G_L + G_L} = -r'_0 = f_2(V) \quad (\text{III.88 b})$$

- pentru regimul de mers cu frinare:

$$-\frac{(R'_0 + B)}{G_L + G_V} = -(r'_0 + b) = f_3(V) \quad (\text{III.88 c})$$

Se recomandă ca pentru efectuarea calculului forței specifice de accelerație să se sistematizese operațiile de calcul sub formă de tabele.

Prin reprezentarea grafică a valorilor forțelor specifice de accelerație în raport cu viteza se obține diagrama forțelor specifice de accelerație. În fig. III.17), sînt reprezentate diagramele forțelor specifice de accelerație, pentru cele trei regimuri de mers.

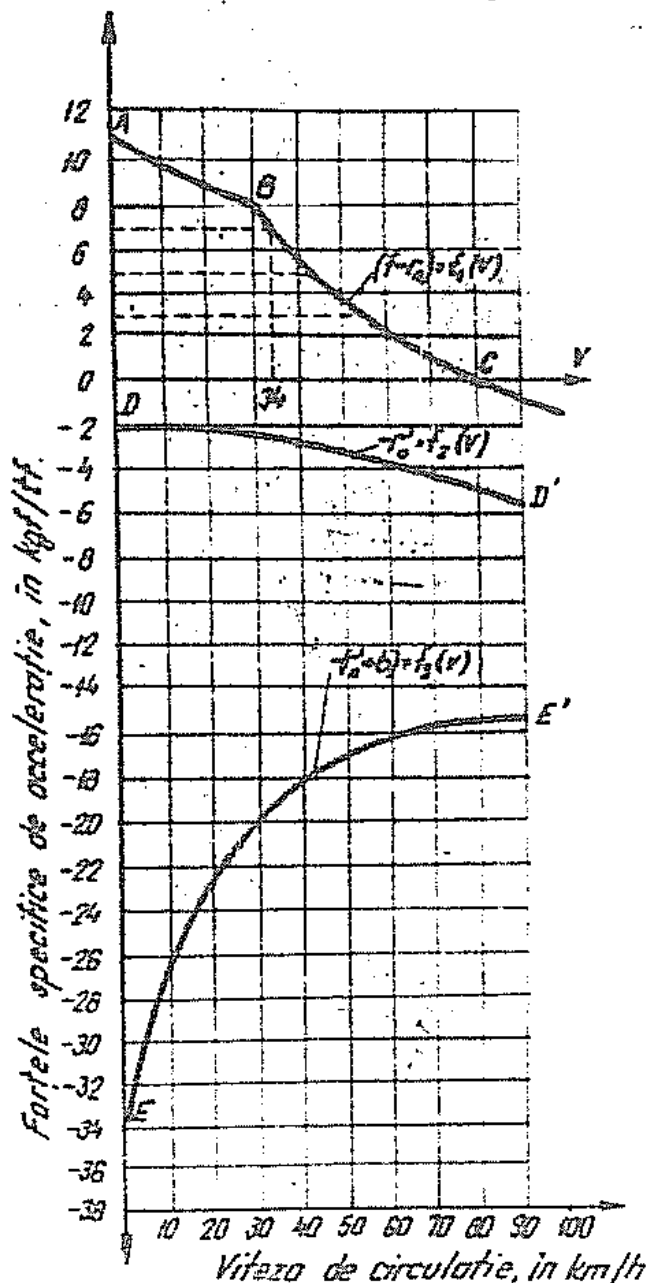


Fig. III.17. Diagrama forțelor specifice de accelerație

Acceste sînt valabile pentru cazul în care trenul circulă pe o linie în aliniament și palier. În realitate linia este formată din aliniamente și curbe (în planul de situație) și din paliere și declivități (în profilul în lung). Rezultă că la circulația trenului în condiții obișnuite, pot să apară pe lângă forțele specifice de mers în aliniament și palier și rezistențe specifice produse de declivități și curbe.

În calculele de tracțiune rezistența specifică produsă de curbă se înlocuiește cu o rezistență echivalentă dată sub formă de declivitate

$$r_o = r_{ei} \quad [\text{kgf/tf}] \quad (\text{III.89})$$

și se însumează la declivitatea reală a liniei, obținându-se declivitatea fictivă :

$$i_f = \pm i + i_{eo} \quad [‰] \quad (\text{III.90})$$

unde :

i este declivitatea reală a elementului de profil; se consideră semnul (+) pentru rampe și (-) pentru pante;

i_{eo} - declivitatea echivalentă cu rezistența produsă de curbă.

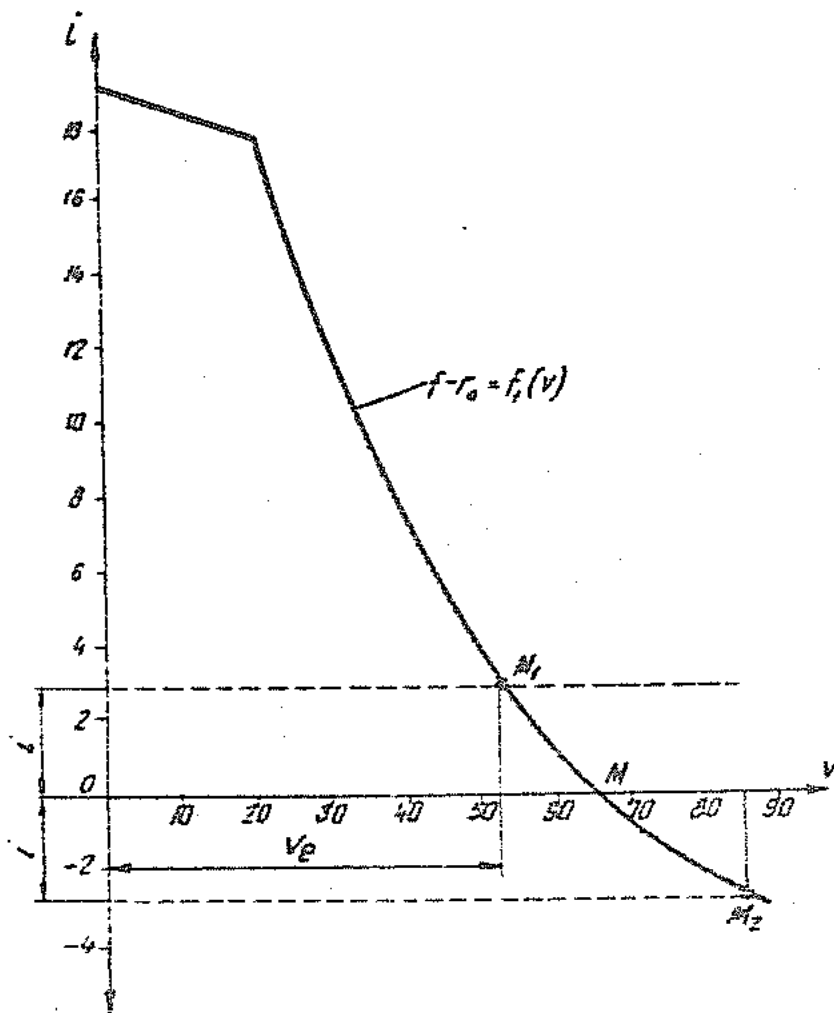


Fig. III.18. Forțele specifice de accelerație pe diferite declivități la mersul în regim cu tracțiune. Determinarea vitezelor de echilibru

Pentru studierea mișcării trenului, fiind acesta să deplasează pe rampe sau pe pante, se folosesc diagramele forțelor specifice de accelerație construite pentru mersul în aliniament și palier deplasând axa vitezei în sensul pozitiv al axei forțelor specifice de accelerație (în cazul rampelor) și în sensul negativ (în cazul pantelor) cu o valoare corespunzătoare declivității respective (fig.III.18).

Deplasarea axei vitezei la mersul trenului pe declivități este justificată prin aceea că asupra trenului care circulă pe o rampă sau o pantă, indiferent cu ce viteză, va acționa, în afară de forțele specifice la mers în aliniament și palier, și o forță specifică de rezistență (r_1) care se opune mișcării în cazul rampelor și care ajută deplasarea în cazul pantelor.

Punctele de intersecție a diagramei forțelor specifice de accelerație cu paralele duse la axa vitezei determină vitezele de echilibru corespunzătoare declivităților elementelor de profil.

Diagrama forțelor specifice de accelerație la mers în aliniament și palier construită pentru un tren (caracterizat printr-un anumit tip de locomotivă și regim de funcționare) dă o imagine sugestivă a relațiilor dintre forțele care acționează asupra trenului și viteza sa de circulație și servește la calcularea vitezelor de circulație și timpilor de mers.

III.2.7. Ecuatia de mișcare a trenului

Ecuatia de mișcare a trenului este expresia matematică care stabilește legătura între forțele care acționează asupra trenului în mișcare și accelerația imprimată acestuia.

Ecuatia de mișcare a trenului se prezintă în diferite forme, în funcție de regimul de funcționare al locomotivei (regim de mers cu tracțiune, fără tracțiune, cu frînare).

Expresia matematică a ecuației de mișcare a trenului se poate determina pe baza teoremei variației energiei cinetice, considerându-se mișcarea trenului ca o mișcare a unei mase concentrate într-un punct-centrul de greutate al acestuia. Variația energiei cinetice între două poziții a unui sistem carecare în mișcare, în intervalul de timp (dt), este egală cu lucrul mecanic elementar efectuat în același interval de timp de către forțele care acționează asupra sistemului:

$$dE = dL \quad (III.91)$$

Mișcarea trenului pe cale poate fi considerată ca o mișcare de translație a unui sistem de corpuri rigide, legate între ele prin legături elastice.

În timpul deplasării trenului pe cale, în afară de mișcarea de translație în care se află întreaga sa masă, unele părți din acesta

(roțile, rotoarele, motoarele electrice de tracțiune etc), au și o mișcare de rotație.

Dacă se ține seama și de efectul maselor în mișcare de rotație energia cinetică a întregului tren este :

$$E = \frac{m \cdot v^2}{2} + \sum \frac{I \omega^2}{2} \quad (\text{III.92})$$

unde :

m este masa întregului tren;

v - viteza de circulație;

I - momentul de inerție polar al maselor în mișcarea de rotație în raport cu axa de rotație;

ω - viteză unghiulară a maselor în mișcarea de rotație.

Deoarece :

$$\omega = \frac{v}{R}$$

prin înlocuirea sa în relația (III.92), se obține

$$E = \frac{v^2}{2} \left(m + \sum \frac{I}{R^2} \right) \quad (\text{III.93})$$

Termenul $\sum \frac{I}{R^2}$, care apare datorită luării în considerare a efectului maselor în mișcare de rotație, are dimensiunile masei și se poate înlocui cu un termen care să reprezinte o parte din masa întregului tren. Astfel dacă se notează

$$\frac{I}{R^2} = \delta \cdot m$$

energia cinetică a întregului tren devine :

$$E = \frac{m \cdot v^2}{2} (1 + \delta) \quad (\text{III.94})$$

Diferențiind se obține variația energiei cinetice

$$dE = v \cdot dV \cdot m (1 + \delta) \quad (\text{III.95})$$

Într-o cale două poziții în care s-a produs această variație a energiei cinetice, forțele care acționează asupra trenului efectuează un lucru osarecare elementar.

Considerând regimul de mers cu tracțiune, lucrul mecanic elementar produs de resultanta forțelor este :

$$dL = (F - R) ds \quad (\text{III.96})$$

Conform relației (III.94) se poate scrie :

$$v \cdot dV \cdot m (1 + \delta) = (F - R) ds \quad (\text{III.97})$$

Înlocuindu-se $ds = v \cdot dt$ se obține ecuația de mișcare a trenului

$$\frac{dv}{dt} = \frac{F - R}{m(1 + \delta)} \quad (\text{III.98})$$

Ecuația de mișcare a trenului se poate pune într-o formă

utilizabilă în calculele de tracțiune, dacă masa trenului se scrie în funcție de greutatea sa, astfel :

$$m = 1000 \cdot \frac{G_L + G_V}{g} \quad (\text{III.99})$$

în care:

G_L este greutatea locomotivei în serviciu, în toneforță;

G_V - greutatea garniturii de vagoane, în tone forță;

g - accelerația gravitațională, în m/s^2 .

Exprimînd accelerația gravitațională, în km/h^2

$$g = \frac{9.81 \cdot 3600^2}{1000} = 127\,137,6 \approx 127.000 \text{ km/h}^2$$

și înlocuind în relația (III.98), se obține:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{P - R}{G_L + G_V} \cdot \frac{127}{1 + i} \quad (\text{III.100})$$

Dacă se notează $\frac{127}{1+i} = \varphi$, ecuația de mișcare a trenului devine:

ne:

- în regim de mers cu tracțiune :

$$\frac{dV}{dt} = \varphi \cdot (f - r) \quad (\text{III.101 a})$$

- în regim de mers fără tracțiune:

$$\frac{dV}{dt} = - \varphi \cdot r' \quad (\text{III.101 b})$$

- în regim de mers cu frinare :

$$\frac{dV}{dt} = - \varphi \cdot (r' - b) \quad (\text{III.101 c})$$

unde:

φ reprezentînd accelerația specifică imprimată trenului de către o forță de 1 kgf/tă, se exprimă în km/h^2 , depinde de tipul vehiculului și are o valoare medie $\varphi = 120 \text{ km/h}^2$;

$$\varphi = 2 \text{ km/h.min}; \quad \varphi = \frac{1}{30} \text{ km/h.s}$$

Cu aceste valori ecuația de mișcare a trenului devine pentru regimul de mers cu tracțiune :

$$\frac{dV}{dt} = 120 (f - r) \quad [km/h^2] \quad (\text{III.102 a})$$

$$\frac{dV}{dt} = 2 (f - r) \quad [km/h.min] \quad (\text{III.102 b})$$

$$\frac{dV}{dt} = \frac{1}{30} (f - r) \quad [km/h.s] \quad (\text{III.102 c})$$

În mersul în aliniament și palier ecuația de mișcare a trenului este :

- mers în regim de tracțiune :

$$\frac{dV}{dt} = \varphi \cdot (f - r_0) \quad (\text{III.103 a})$$

- mers în regim fără tracțiune :

$$\frac{dV}{dt} = - \varphi \cdot r_0' \quad (\text{III.103 b})$$

- mers în regim cu frinare :

$$\frac{dV}{dt} = - \varphi \cdot (r_0' + b) \quad (\text{III.103 c})$$

La mersul trenului pe o linie cu curbe și declivități, deoarece apar și rezistențele suplimentare datorită acestora, ecuația de mișcare a trenului se poate scrie și sub următoarele forme :

- mers în regim de tracțiune :

$$\frac{dV}{dt} = \varphi [f - (r_0 + r_0' \pm r_1)] \quad (\text{III.104 a})$$

- mers în regim fără tracțiune :

$$\frac{dV}{dt} = - \varphi (r_0' + r_0 \pm r_1) \quad (\text{III.104 b})$$

- mers în regim de frinare

$$\frac{dV}{dt} = - \varphi (r_0' + r_0 \pm r_1 + b) \quad (\text{III.104 c})$$

În aceste relații, declivitatea i se ia cu semnul (+) pentru rampe și cu semnul (-) pentru pante.

Ecuația de mișcare a trenului servește la: stabilirea tonajelor, determinarea vitezelor și timpilor de mers, rezolvarea problemelor de frinare, alegerea tipului de locomotivă în funcție de caracteristicile secțiilor de ramorcare, determinarea consumului de combustibil și energie electrică etc.

III.2.8. Lucrul mecanic al forțelor ce acționează asupra trenului

Determinarea lucrului mecanic al forței de tracțiune sau al forțelor de rezistență este necesară pentru stabilirea consumului de combustibil sau energie electrică, pentru stabilirea cheltuielilor de exploatare în scopul calculării eficacității tehnico-economice a variantelor de proiectare a liniilor noi de cale ferată și a restructurării celor existente precum și pentru determinarea eficacității sistemelor de tracțiune sau a tipurilor de locomotivă din punct de vedere tehnico-economic.

Lucrul mecanic al forței de tracțiune sau al forțelor de rezistență care acționează asupra trenului, în timpul deplasării acestuia pe o linie cu un profil și plan de situație cunoscut se determină utilizând ecuația de mișcare a trenului, scrisă sub formă generală :

$$\frac{dV}{dt} = \varphi (f - r_0 - r_0' \mp r_1 - b) \quad (\text{III.105})$$

unde φ reprezintă accelerația imprimată trenului când forța specifică de accelerație este egală $1 \frac{\text{kgf}}{\text{tf}}$. Coeficientul φ depinde de tipul vehiculului și are o valoare medie egală cu $120 \frac{\text{km}}{\text{h}^2} \cdot \frac{\text{tf}}{\text{kgf}}$.

Din ecuația (III.105) se obține valoarea forței specifice de tracțiune

$$f = \frac{1}{\varphi} \cdot \frac{dv}{dt} + r_o + r_c \pm r_l \quad (\text{III.106})$$

Iar lucrul mecanic specific elementar se poate determina cu relația :

$$d\ell_m = f \cdot ds = \left(\frac{1}{\varphi} \cdot \frac{dv}{dt} + r_o + r_c \pm r_l \right) ds \quad (\text{III.107})$$

Prin integrarea acestei relații într-un interval de spațiu ($s_1 - s_2$) se obține lucru mecanic specific :

$$\ell_m = \int_{s_1}^{s_2} f ds = \frac{1}{\varphi} \int_{s_1}^{s_2} \frac{dv}{dt} ds + \int_{s_1}^{s_2} r_o ds + \int_{s_1}^{s_2} r_c ds \pm \int_{s_1}^{s_2} r_l ds \quad (\text{III.108})$$

Din această relație rezultă că lucrul mecanic specific se poate calcula fie ca un lucru mecanic al forței specifice de tracțiune, fie ca un lucru mecanic al forțelor specifice rezistente.

Intrucât forțele specifice de rezistență dau o imagine sugestivă în privința dificultăților traseului, se obișnuiește ca lucrul mecanic specific consumat în deplasarea trenului să fie calculat ca un lucru mecanic al forțelor specifice rezistente.

Lucrul mecanic al unui tren a cărui greutate totală este ($G_L + G_V$) se determină cu relația :

$$L_m = (G_L + G_V) \ell_m \quad (\text{III.109})$$

Pentru determinarea lucrului mecanic consumat în deplasarea trenului se folosesc metode analitice, grafo-analitice sau grafice, pornindu-se de la relația :

$$\ell_m = \frac{1}{\varphi} \int_{s_1}^{s_2} \frac{dv}{dt} ds + \int_{s_1}^{s_2} r_o ds + \int_{s_1}^{s_2} r_c ds \pm \int_{s_1}^{s_2} r_l ds \quad (\text{III.110})$$

Integrând se observă că primul termen reprezintă cantitatea de energie cinetică a unității de masă a trenului, în cazul creșterii vitezei de la V_1 la V_2 . Pentru cazul când vitezele inițiale și finale sînt egale cu zero, integrala primului termen este egală cu zero, ceea ce înseamnă că energia cinetică înmagazinată în timpul accelerării se consumă în timpul încetînirii.

Al doilea termen caracterizează lucrul mecanic al forței specifice de rezistență la mers în aliniament și palier.

Al treilea termen caracterizează lucrul mecanic consumat pentru învingerea rezistenței curbilor. Dacă pentru efectuarea calcule-

lor de tracțiune se folosesc profiluri simplificate, atunci lucrul mecanic consumat de curbe este cuprins în lucrul mecanic al declivităților rezultate prin simplificarea profilului.

Al patrulea termen caracterizează lucrul mecanic specific dat de declivități.

Pentru a se ușura calculele de tracțiune se admite ca rezistențele la mers în aliniament și paliar ale trenului sînt constante pe întregul parcurs și egale cu valoarea lor medie (2-4 kgf/tf).

În scopul determinării aproximative a lucrului mecanic al forțelor de rezistență se stabilesc, pe baza analizei profilului, lungimea și valoarea pantelor vătămătoare și nevătămătoare și apoi se determină componentele lucrului mecanic.

Valoarea limită între pantele nevătămătoare (numite și pante nepăgubitoare deoarece nu necesită intervenția forței de frînare) și pantele păgubitoare (vătămătoare) se obține prin intersectarea curbei vitezei maxime admise în funcție de declivitate cu curba rezistențelor specifice ale trenului la mers în regim fără frînare (fig. III.19).

La intersecția acestor două curbe se obține punctul a care cuprinde situația de echilibru $r' = 1$, și care determină limita în-

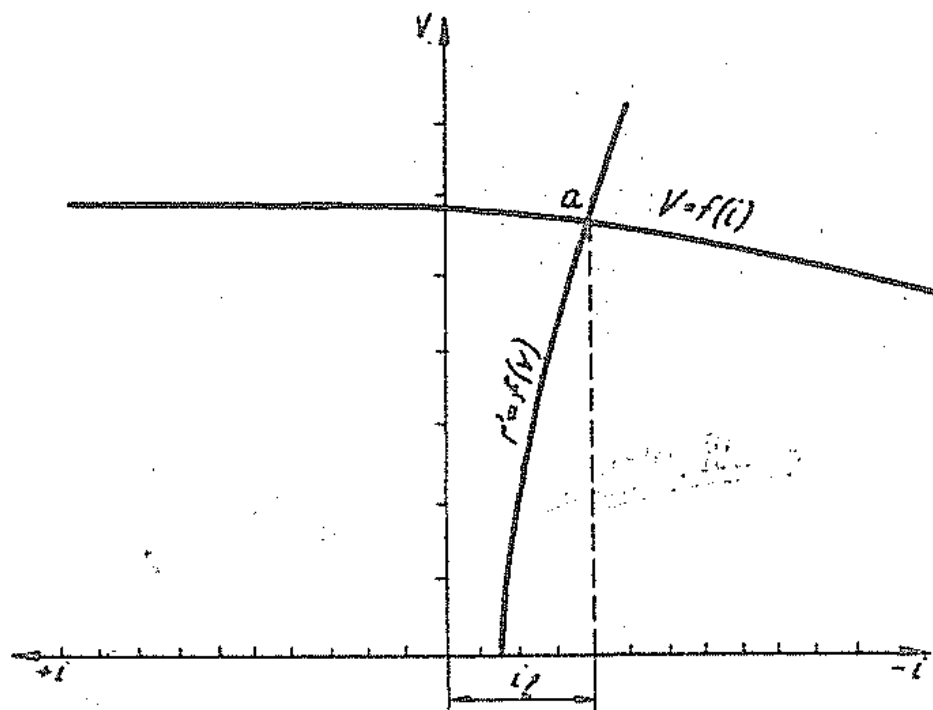


Fig. III.19. Determinarea pantei vătămătoare

tre pantele nevătămătoare și cele vătămătoare.

Ca o primă aproximație limită între pantele vătămătoare și cele nevătămătoare poate fi considerată panta $i = -3^{\circ}/\text{oo}$.

Consumul de lucru mecanic la circulația trenului pe pantele vătămătoare se poate considera egal cu zero, cu excepția tracțiunii electrice cu regim de recuperare.

Dacă se ține seama de rezistențele la mers în aliniament și palier, la mers pe rampe și pantele nevătămătoare și la mers în curbă, atunci lucrul mecanic specific, corespunzător unei tff. dintr-un tren remorcat pe o secție, se determină cu relația :

$$\ell_m = \sum r_o \ell_{op} + \sum (r_o + i_r) \ell_r + \sum (r_o - i_{nv}) \ell_{nv} + \sum r_c \ell_c \quad (\text{III.111})$$

Dacă se consideră rezistențele specifice la mers în aliniament și palier constante egale cu valoarea lor medie, se obține :

$$\ell_m = r_{om} (\sum \ell_{op} + \sum \ell_r + \sum \ell_{nv}) + \sum i_r \ell_r + \sum i_{nv} \ell_{nv} + \sum r_c \ell_c \quad (\text{III.112})$$

Ținând seama că :

$$\sum \ell_{op} + \sum \ell_r + \sum \ell_{nv} = \sum \ell - \sum \ell_v$$

$$\sum i_r \ell_r = 1000 \sum h_r$$

$$\sum i_{nv} \ell_{nv} = 1000 \sum h_{nv}$$

$$H = \sum h_r - \sum h_v - \sum h_{nv}$$

și înlocuind în relația (III.112), se obține:

$$\ell_m = r_{om} (\sum \ell - \sum \ell_v) + 1000 (\sum \ell_r - \sum h_{nv}) + \sum r_c \ell_c \quad (\text{III. 113})$$

sau:

$$\ell_m = r_{om} (\sum \ell - \sum \ell_v) \pm 1000 H + 1000 \sum h_v + \sum r_c \ell_c \quad (\text{III.114})$$

la care s-a notat :

$\sum \ell$ - lungimea totală a sectorului de linie considerat, în m;

$\sum \ell_{op}$ - lungimea totală a elementelor de profil situate în aliniament și palier, în m;

$\sum \ell_r$ - lungimea totală a elementelor de profil în rampă, în m;

$\sum \ell_v$ - lungimea totală a elementelor de profil cu pante vătămătoare, în m;

$\sum \ell_{nv}$ - lungimea totală a elementelor de profil cu pante nevătămătoare;

$\pm H$ - diferența de cote între punctul inițial și cel final al sectorului de linie considerat, în m. Semnul plus se ia atunci când punctul final al sectorului de linie este mai sus decât punctul inițial, iar semnul minus, în caz contrar;

$\sum h_r$ - valorile absolute ale diferențelor de cote între extremitățile rampelor, în m;

$\sum h_v$ și $\sum h_{nv}$ - suma valorilor absolute ale diferențelor de cote între extremitățile pantelor vătămătoare, respectiv, pantele nevătămătoare, în m;

$\sum r_0 l_0$ - suma produselor dintre rezistența specifică a curbelor și lungimea acestora, pe distanța $\sum l' - \sum l_v$, adică pe lungimea sectorului de linie considerat micșorată cu lungimea pantelor vătămătoare;

i_r, i_{nv} - declivitățile rampelor și pantelor nepăgubitoare;

r_{om} - rezistența specifică la mers în aliniament și în palier.

Lucrul mecanic al forțelor de rezistență pentru o linie oarecare este diferit pe cele două sensuri de circulație. Din această cauză este necesar să se calculeze lucrul mecanic pentru ambele sensuri de circulație.

III.3. Calculul tonajului și lungimii trenului

III.3.1. Calculul tonajului trenului

Tonajul trenului se determină în funcție de caracteristicile de tracțiune ale materialului rulant și de caracteristicile liniei în planul de situație și în profilul în lung. Tonajul trenului este limitat de puterea de remorcare a locomotivelor, rezistența caracteristică a liniei, lungimea utilă a liniilor din stații, rezistența aparatelor de tracțiune, instalațiile de frână, condițiile de demarare etc.

Rezistența caracteristică a liniei este de obicei egală cu rezistența cea mai mare a liniei și se stabilește pentru fiecare linie sau secție de remorcare.

Pentru calculul tonajului trenului se deosebesc două metode :

a/. Când trenul circulă cu o viteză constantă pe rampa caracteristică (se neglijează energia cinetică a trenului); viteza constantă trebuie să fie cel puțin egală cu viteza de calcul.

b/. când trenul circulă cu o viteză variabilă pe rampa cu rezistența cea mai mare, folosind și energia cinetică acumulată pe elementele de profil anterioare.

a/. Calculul tonajului trenului pentru cazul când trenul circulă cu o viteză constantă pe rampa caracteristică

În situația în care rampa care determină rezistența caracteristică a liniei este suficient de lungă încât trenul ajunge la un moment dat să circule cu o viteză constantă, forța de tracțiune dezvoltată de locomotivă se consumă numai pentru învingerea rezistențelor ce se opun la înaintarea trenului și deci se poate scrie egalitatea :

$$F = G_L (r_{oL} + r_o) + G_V (r_{oV} + r_o)$$

de unde rezultă :

$$G_V = \frac{F - G_L (r_{oL} + r_o)}{r_{oV} + r_o} \quad (III.115)$$

în care:

G_V este tonajul trenului, în tone forță;

G_L - greutatea locomotivei în serviciu, în tone forță;

F - forța de tracțiune la obada de calcul, în kgf;
 F_{cl} ; F_{ov} - rezistența specifică la mers în aliniament și în palier la locomotive, respectiv vagoane, în kgf/tf;
 r_c - rezistența caracteristică a liniei sau secției de remorcare în kgf/tf.

Atît forța de tracțiune cît și forțele specifice de rezistență la mers în aliniament și palier corespund vitezei de calcul.

Valoarea forței de tracțiune la obadă este aceea care corespunde vitezei de calcul și se determină, pentru fiecare tip și serie de locomotivă în parte, cu ajutorul diagramei caracteristice $P = f(v)$.

Tonajul trenului calculat cu formula de mai sus este valabil numai atunci cînd garnitura este compusă din aceeași categorie de vagoane și care ar avea aceeași încărcătură.

Dacă garnitura este compusă din vagoane de diferite categorii, atunci calculul tonajului se efectuează determinîndu-se rezistența specifică medie a vagoanelor.

Această metodă de calcul al tonajului este aplicabilă în cazul cînd rampa pentru care se determină tonajul, avînd o lungime mare, permite ca la un moment dat trenul să circule cu viteză constantă și egală cu viteza de calcul.

b/. Calculul tonajului trenului pentru cazul cînd trenul circule cu o viteză variabilă pe rampa cu rezistența cea mai mare folosind și energia cinetică acumulată pe elementele de profil anterioare. Cînd elementul de profil cu rezistența cea mai mare (care de regulă este elementul de profil cu cea mai mare declivitate) are o lungime relativ mică, viteza trenului descrește continuu fără să ajungă la o viteză constantă corespunzătoare vitezei de echilibru pe declivitate. Trenul avînd în acest caz, o mișcare încetinită, o parte din energia cinetică a trenului acumulată pe elementele de profil anterioare se consumă realizînd un lucru mecanic suplimentar care se adaugă la lucrul mecanic al forței de tracțiune. Din aceasta rezultă că locomotiva poate remorca un tren cu un tonaj mai mare decît cel corespunzător acestei rezistențe, determinat cu relația (III.115)

Stabilirea tonajului trenului în cazul folosirii energiei cinetice a trenului se poate face prin încercări.

Metoda permite stabilirea greutății convoiului de vagoane (G_v) în ipoteza că rezistența caracteristică nu este rezistența cea mai mare a profilului, iar elementul de profil cu declivitatea cea mai mare este trecut de tren "prin avînt". Rampa are o declivitate mai mare decît declivitatea caracteristică și care este parcursă de tren prin avînt, folosindu-se energia cinetică a trenului, se numește rampă de inerție.

Această metodă constă în stabilirea tonajului trenului cu formula III.115, pentru o rezistență caracteristică mai mică decît rezistența maximă a liniei și verificarea ca trenul, avînd acest tonaj, să

poată parcurge elementul de profil cu rezistența maximă folosindu-se de energia cinetică acumulată pe elementele de profil anterioare. După ce s-a stabilit tonajul trenului se verifică lungimea rampei de inerție (ℓ_i) cu relația obținută prin integrarea ecuației diferențiale de mișcare a trenului și care are expresia :

$$\ell_{ic} = \frac{4,17 (V_B^2 - V_1^2)}{f_m - (r_0 + i + i_e)_m} \quad [m] \quad (III.116)$$

în care:

ℓ_{ic} - reprezintă lungimea unei rampe avînd declivitatea egală cu cea a rampei de inerție, ce este parcursă de un tren atunci cînd viteza descrește de la V_1 la V_B , în m;

V_1, V_B - viteza trenului la începutul rampei de lungime ℓ_{ic} , respectiv la sfîrșitul acestei rampe, în km/h;

f_m - forța specifică de tracțiune corespunzătoare vitezei medii de circulație pe rampă, în kgf/tf;

$(r_0 + i + i_e)_m$ - rezistența specifică a trenului corespunzătoare vitezei medii de circulație pe rampă, în kgf/tf;

Viteza V_B trebuie să fie cel puțin egală cu viteza de calcul.

Dacă în urma verificării se obține :

$\ell_i \leq \ell_{ic}$ rezultă că rampa de inerție poate fi trecută prin utilizarea energiei cinetice a trenului,

$\ell_i > \ell_{ic}$ rezultă că rampa de inerție este prea lungă și deci nu poate fi urcată nici chiar dacă se folosește energia cinetică a trenului și în consecință, tonajul trenului trebuie să fie micșorat.

Pentru o precizie cît mai mare, se recomandă ca intervalul de viteză ($V_1 - V_B$) să fie împărțit în intervale de viteză mai mici care să nu depășească 10 km/h. În acest caz distanța parcursă pe rampă prin folosirea energiei cinetice se determină cu relația :

$$\ell = \sum_{i=1}^{i=n} \ell_i = 4,17 \sum_{i=1}^{i=n} \frac{V_{f1}^2 - V_{i1}^2}{f_{m1} - (r_0 + i + i_e)_1} \quad [m] \quad (III.117)$$

Și în acest caz V_{f1} (viteza de sfîrșit corespunzătoare ultimei trepte de viteză) nu trebuie să fie sub viteza de calcul.

Remorcarea trenurilor în simplă tracțiune nu poate satisface întotdeauna transporturile de mărfuri și de călători, dat fiind marea varietate a condițiilor de exploatare a căilor ferate. Astfel, pe liniile cu declivități mari și cu un trafic mare de mărfuri și călători remorcarea trenurilor cu simplă tracțiune nu satisface necesitățile de

transport. De aceea pe liniile cu declivități mari și trafic important se utilizează dubla sau multipla tracțiune, fie numai pe anumite porțiuni, fie pe întreaga lungime a secției de remorcare.

În cazul tracțiunii multiple, tonajul trenului se stabilește în ipoteza că pe declivitatea cea mai mare a liniei (i_m) trenul, remorcat cu mai multe locomotive, circulează cu o viteză constantă și egală cu viteza de calcul, ceea ce permite să se scrie :

$$\sum F = \sum G_L (r_{OL} + i_m) + G_V (r_{OV} + i_m)$$

de unde:

$$G_V = \frac{\sum F - \sum G_L (r_{OL} + i_m)}{r_{OV} + i_m} \quad [tf] \quad (III.118)$$

în care:

G_V reprezintă tonajul trenului în multiplă tracțiune, în tf;

$\sum F$ - suma forțelor de tracțiune ale tuturor locomotivelor în funcțiune din tren, în kgf;

$\sum G_L$ - suma greutateilor locomotivelor în funcțiune din tren, în tf,

r_{OL} , r_{OV} - rezistența specifică la mers în aliniament și peșier, pentru locomotive, respectiv pentru vagoane, în kgf/tf.

Prin introducerea noilor sisteme de tracțiune, (diesel-electrice și electrice) utilizarea dublei și multiplei tracțiunii se va reduce considerabil, chiar în cazul unor tonaje și viteze de circulație sporite.

Tonajul trenului de marfă s-a calculat în ipoteza folosirii complete a forței de tracțiune, iar atunci când profilul permite, în ipoteza utilizării energiei cinetice pe elementul de profil cu rezistența cea mai mare. În afară de forța de tracțiune și de declivitatea liniei, tonajele trenurilor mai sînt limitate și de alți factori ca: lungimea utilă a liniilor de stații, condițiile de demarare, încălzirea motoarelor electrice de tracțiune, rezistența aparatelor de tracțiune, instalațiile de frînă și condițiile atmosferice. De aceea, tonajele calculate prin una din cele două metode trebuie să fie verificate astfel încît trenurile cu asemenea tonaje să îndeplinească anumite condiții și anume :

- să aibă o lungime mai mică sau cel mult egală cu lungimea utilă a liniilor din stații;

- să poată demara atât de pe liniile din stație cît și în cazul opririi pe linia curentă la semnalele de intrare în stații;

- să nu suprasolicite motoarele de tracțiune peste o anumită limită, deoarece materialele izolatoare sînt în general puțin rezistente la temperaturi ridicate;

- să poată urca pe rampele cele mai mari fără ca aparatele de tracțiune (tip întărit R = 20 000 kgf și tip reîntărit R = 30 000 kgf) să cedeze;

- să poată coborî pe pantele cele mai mari în condiții de deplină siguranță și cu variații de viteză cât mai reduse ;

- să poată circula și în condiții atmosferice nefavorabile (temperaturi joase, căderi abundente de zăpadă, vânturi puternice etc)

III.3.2. Stabilirea lungimii trenului

Tonajul calculat prin aplicarea procedeelor mai sus arătate se numește tonaj teoretic sau tonaj de calcul (G_v). Tonajul obținut ținând seama de numărul de vagoane de diferite categorii și de greutatea acestora se numește tonaj practic sau tonaj real, care se stabilește cu relația:

$$G_{vp} = n_1 g_1 + n_2 g_2 + \dots + n_n g_n \quad [tf] \quad (III.119)$$

în care:

G_{vp} - reprezintă tonajul practic al garniturii de vagoane, în tone forță;

$n_1, n_2, \dots, n_n$ - numărul de vagoane din fiecare categorie de vagoane;

$g_1, g_2, \dots, g_n$ - greutatea de calcul a unui vagon dintr-o anumită categorie de vagoane, în tone forță.

Pentru a se asigura o utilizare aproape completă a puterii de tracțiune a locomotivei trebuie să fie îndeplinită condiția :

$$|G_v - G_{vp}| \leq 10 \text{ tf} \quad (III.120)$$

Tonajul practic se compune din greutatea neto a garniturii de vagoane și din greutatea garniturii de vagoane goale.

Greutatea neto, numită și tonajul neto sau încărcătura trenului se obține din relația :

$$G_{vn} = \alpha_1 g_{u1} \cdot n_1 + \alpha_2 g_{u2} + \dots + \alpha_n g_{un} n_n \quad [tf] \quad (III.121)$$

în care:

$g_{u1}, g_{u2}, \dots, g_{un}$ - reprezintă greutatea utilă a unui anumit tip de vagon numită și capacitatea de încărcare a vagonului, în tf;

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ - coeficientul de încărcare al vagonului și care exprimă gradul de încărcare al vagonului; $\alpha = 0$, în cazul vagoanelor goale; $\alpha = 1,00$, în cazul vagoanelor încărcate la capacitatea lor utilă;

Greutatea garniturii goale, numită și tară, se obține din relația :

$$G_{vt} = g_{t1} n_1 + g_{t2} n_2 + \dots + g_{tn} n_n \quad [tf] \quad (III.122)$$

în care:

$g_{t1}, g_{t2}, \dots, g_{tn}$ - reprezintă tară vagonului, adică greutatea vagonului gol, în tone forță.

Însumînd greutatea neto cu tară se obține greutatea bruto

a garniturii sau simplu, bruto trenului, adică :

$$Q_{vb} = Q_{vt} + Q_{vu} \quad [t] \quad (III.123)$$

Lungimea trenului format din mai multe categorii de vagoane se calculează cu relația :

$$l_{tr} = n_1 l_1 + n_2 l_2 + \dots + n_n l_n + \sum l_L \quad [m] \quad (III.124)$$

în care:

$n_1, n_2, \dots, n_n$ reprezintă numărul de vagoane dintr-o anumită categorie de vagoane din compunerea trenului;

$l_1, l_2, \dots, l_n$ - lungimea unui vagon dintr-o anumită categorie de vagoane din compunerea trenului, în m;

$\sum l_L$ - lungimea locomotivelor din tren, în m.

În cazul când se cunoaște sarcina bruto medie pe metru liniar de vagon, lungimea trenului se poate calcula cu relația :

$$l_{tr} = \frac{Q_v}{q_v} + \sum l_L \quad m \quad (III.125)$$

unde: Q_v este tonajul bruto al trenului, în tone forță;

q_v este greutatea bruto medie pe metru liniar de vagon, în t/m.

Cunoașterea lungimii trenului servește la proiectarea liniilor din stații și a platformei stațiilor.

III.4. Calculul vitezelor și timpilor de mers

III.4.1. Considerații generale

Viteza de circulație și tonajul trenurilor sînt indicatori de bază în exploatarea căilor ferate și reprezintă principalii factori care determină capacitatea de transport a liniilor de cale ferată, eficiența economică a exploatării materialului rulant și oglindesc în același timp, nivelul de înzestrare tehnică a căilor ferate.

În exploatarea căilor ferate se întîlnesc următoarele noțiuni ale vitezei de circulație a trenului: viteza tehnică, viteza comercială, viteza maximă admisă și viteza minimă admisă.

Prin viteza tehnică se înțelege viteza medie de circulație a trenului, calculată pe o anumită distanță de circulație, făcînd raportul dintre distanța parcursă de tren și timpul efectiv de mers (fără opririle în stații).

Prin viteza comercială se înțelege viteza medie de circulație a trenului pe o distanță anumită în care se includ timpul efectiv de mers și timpul de oprire în toate stațiile de pe distanța respectivă.

Viteza comercială este de două feluri: de secție și magistrală. Viteza comercială de secție este viteza comercială a trenului pe o secție de circulație, fără a se include și opririle din stațiile ex-

treme ale secției (stațiile tehnice), ci numai din stațiile intermediare. Viteza comercială magistrală este viteza comercială dintre stațiile de îndrumare și decompunere a trenului, socotindu-se toate opririle din orice stație.

Se înțelege prin viteză minimă de circulație, viteza sub care nu trebuie să circule trenul pe porțiunea de linie cu rezistență caracteristică. La CFR, valoarea acestei viteze nu trebuie să fie mai mică de 15 km/h la liniile cu ecartament normal și 10 km/h la liniile cu cale îngustă în cazul tracțiunii cu abur, și mai mică decât viteza de calcul la funcționarea în regim unifar în cazul tracțiunii electrice și diesel.

Viteza maximă de circulație este viteza pe care trenul nu trebuie să o depășească. Valoarea sa depinde de caracteristicile liniei și ale materialului rulant.

Viteza maximă admisă, în funcție de sistemul de frânare și caracteristicile vagoanelor pe liniile de cale ferată cu ecartament normal este de 160 km/h pentru trenurile de călători, 110 km/h pentru automotoare, 70 km/h pentru trenuri de marfă, militare și mixte.

Pe liniile de cale ferată cu ecartament îngust, viteza de circulație maximă admisă la orice fel de tren este 30 km/h.

Vitezele maxime și minime de circulație sînt reglementate prin Instrucția de remorcare și frînare.

III.4.2. Simplificarea profilului în lung a liniei

O linie de cale ferată se caracterizează în planul de situație prin aliniamente și curbe cu raze diferite mărimi, iar în profilul în lung prin paliere și declivități de diferite mărimi.

Viteza de circulație a unui tren de un anumit tonaj în condiții obișnuite de exploatare variază pe fiecare element de profil din cauza variației rezistenței traseului (rezistența datorită declivității și rezistența datorită curbilor). Cum numărul elementelor de profil și al curbilor de pe o secție de remorcare este relativ mare, efectuarea calculului de tracțiune devine o operație greoaie.

Simplificarea calculelor impune reducerea numărului elementelor de profil și înlocuirea efectului curbilor prin declivități echivalente cu rezistența dată de ele. Aceasta se realizează printr-o operație denumită simplificarea profilului liniei.

Simplificarea profilului înseamnă reducerea numărului de elemente de profil și asimilarea curbilor prin declivități echivalente.

Reducerea numărului de elemente de profil constă în înlocuirea

citorva elemente alăturate care au declivități apropiate cu un singur element, care are o lungime egală cu suma lungimilor elementelor înlocuite și o declivitate egală cu raportul dintre diferența de nivel a punctelor extreme ale elementului rezultat și lungimea totală a acestuia (fig.III.20).

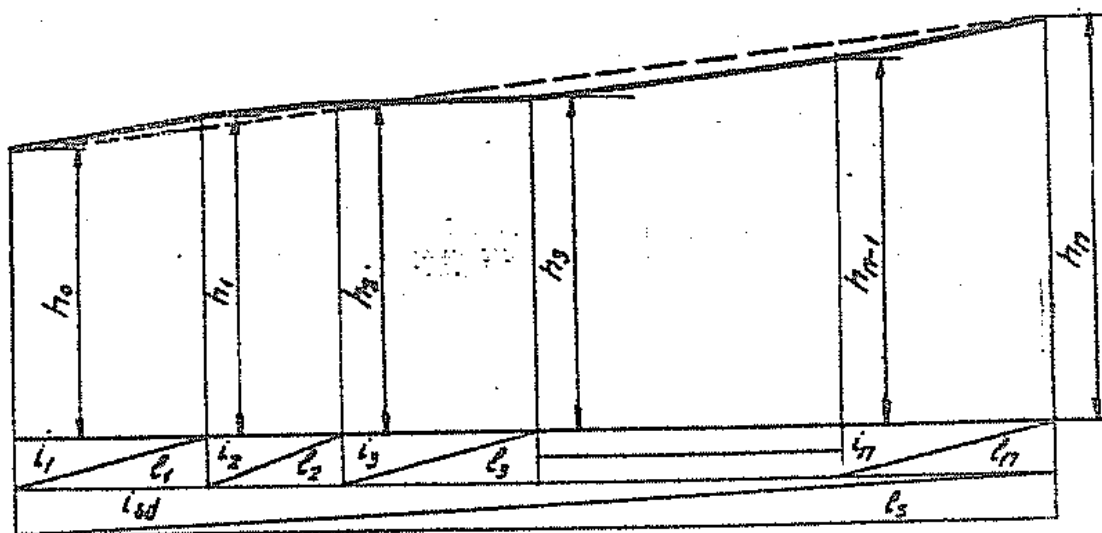


Fig.III.20. Simplificarea profilului unei linii de cale ferată

Declivitatea rezultantă a profilului simplificat (numită și declivitate medie sau simplificată) pentru o porțiune de linie, compusă din elemente de profil ale căror declivități sînt $i_1, i_2, \dots, i_n$, lungimi $l_1, l_2, \dots, l_n$ și cote $h_0, h_1, \dots, h_n$, se obține cu relația :

$$i_{sd} = \frac{1000 (h_n - h_0)}{\sum_{k=1}^{k=n} l_k} = \frac{1000 (h_n - h_0)}{l_s} \quad (\text{III.126})$$

unde :

l_s reprezintă lungimea profilului simplificat, în m.

La determinarea declivității rezultante a profilului simplificat cu relația (III.126) se neglijează influența curbelor de pe linie.

Înlocuirea profilului real al liniei cu un profil simplificat (profil virtual) se bazează pe ipoteza că lucrul mecanic al forțelor de rezistență pe elementul de profil rezultat este egal cu suma lucrurilor mecanice ale forțelor de rezistență corespunzătoare elementelor de profil reale.

La determinarea rezistențelor, pentru calcularea lucrului mecanic pe elementele de profil, s-a admis ipoteza că rezistențele la

mers în aliniament și palier sînt aceleași pe toate elementele de profil, indiferent de valoarea declivității acestora. Se știe însă, că rezistența la mers în aliniament și palier este funcție de viteză, iar viteza variază odată cu schimbarea profilului și în consecință variază și rezistența. De aceea, stabilirea vitezei de circulație pe un profil simplificat se apropie de realitate cu atît mai mult cu cît diferența între rezistența la mers pe profilul simplificat și rezistența la mers pe profilul real este mai mică.

Pentru a se obține rezultate cît mai exacte la calculul vitezei trenului pe un anumit profil, trebuie să fie comasate numai acele elemente de profil care sînt scurte și au o diferență mică de declivitate. Aceasta impune ca fiecare element de profil real și care a fost comasat să satisfacă relația empirică :

$$\ell_K \leq \frac{2000}{\Delta i} \quad [m] \quad (\text{III.127})$$

unde:

ℓ_K - reprezintă lungimea elementului de profil real, în m;

$\Delta i = |i_g - i_k|$ - valoarea absolută a diferenței dintre declivitatea rezultantă a profilului simplificat și declivitatea reală.

La stabilirea profilului simplificat trebuie să fie luată în considerare și influența curbilor. Aceasta se realizează prin înlocuirea efectului curbilor cu declivități echivalente cu rezistența dată de ele și însumarea acestora cu declivitatea profilului simplificat.

Valoarea declivităților echivalente se determină din egalitatea lucrului mecanic necesar învingerii lor cu lucrul mecanic al rezistențelor la mers datorat curbilor a căror declivitate echivalentă se calculează. Considerînd figura III.21 un element de profil de lungime (ℓ_K) și declivitatea (i_K) pe care este situată o curbă de lungime (ℓ_0), rază (R) și rezistență specifică (r_0), din egalitatea lucrurilor mecanice

$$i_{sc} \cdot \ell_K = r_0 \cdot \ell_0$$

rezultă valoarea declivității echivalente cu rezistența dată de curbă

$$i_{sc} = \frac{r_0 \cdot \ell_0}{\ell_K} [‰] \quad (\text{III.128a})$$

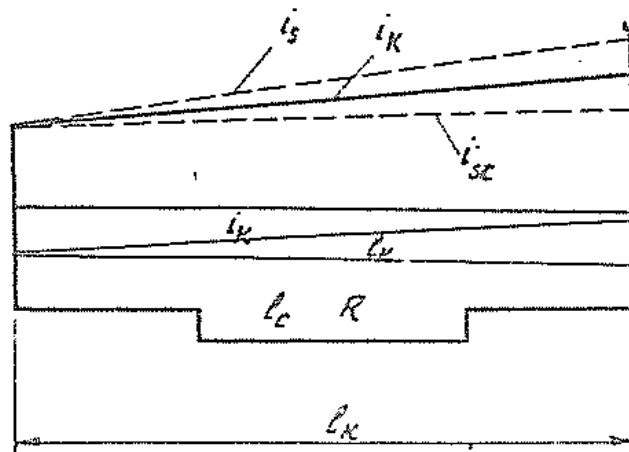


Fig. III.21. Declivitatea echivalentă cu rezistența dată de curbă

Cînd pe un element de profil se găsesc mai multe curbe de diferite raze și lungimi, declivitatea echivalentă cu rezistența acestor curbe se determină cu relația :

$$i_{so} = \frac{\sum r_c \cdot \ell_c}{\ell_k} \quad [o/oo] \quad (III.128 b)$$

Declivitatea fictivă a profilului simplificat se obține luîndu-se în considerare și influența curbilor, prin însumarea algebrică a declivității medii a profilului simplificat cu declivitatea echivalentă cu rezistența dată de curbe :

$$i_s = \pm i_{sd} + i_{so} \quad (III.129)$$

În această relație se consideră semnul (+) sau (-) după cum declivitatea reprezintă o rampă sau o pantă.

Pentru sistematizarea calculelor privind simplificarea profilului se recomandă să se întocmească tabele de forma de mai jos :

Simplificarea profilului în lung

Tabelul III.3

Nr. elementului	Declivitatea		C u r b a		ℓ_s (m)	i_{sd}	i_{so}	Declivitatea profilului simplificat	
	i (o/oo)	ℓ_k (m)	R (m)	ℓ_c (m)				duș	întors
o	1	2	3	4	5	6	7	8	9
⋮									

III.4.3. Calculul și construirea curbilor $V=f(s)$ și $T=f(s)$

Metodele pentru calculul și construirea curbilor vitezei în funcție de spațiu $V=f(s)$ și timpului în funcție de spațiul parcurs $T=f(s)$ se bazează pe rezolvarea ecuației de mișcare a trenului.

După modul de rezolvare a ecuației de mișcare a trenului se disting: metode care se bazează pe integrarea analitică a ecuației de mișcare a trenului, metode care se bazează pe integrarea analitică aproximativă și metode grafice.

Metoda analitică de integrare a ecuației de mișcare a trenului prezintă dificultăți în rezolvare, deoarece necesită să se stabilească în prealabil expresia matematică a funcției forțelor specifice de accelerație: $(f-r)=f(v)$; $r'=f(v)$ și $-(r'+b)=f(v)$, care intervin în

aceste ecuații; obținerea acestor expresii este foarte greoaie datorită procesului complicat de producere a forței de tracțiune precum și datorită modificării continue a valorii forțelor specifice în timpul deplasării trenului. Drept urmare integrarea analitică a acestor funcții care conduc la calcule complicate nu se folosește pentru stabilirea vitezelor și timpilor de mers.

Metoda integrării aproximative constă în înlocuirea creșterilor infinitezimale prin creșteri finite ΔV , ΔT și ΔS , iar pentru fiecare interval de viteză ΔV valoarea forței specifice de accelerație se consideră constantă și egală cu valoarea sa medie.

Metodele grafice pentru calculul și trasarea curbelor $V = f(s)$ și $t = f(s)$ constau în folosirea unor construcții grafice, care se bazează pe anumite relații geometrice ce se stabilesc între diagrama forțelor specifice de accelerație și diagrama vitezelor de circulație, respectiv diagrama vitezelor și diagrama timpului de mers.

Metodele grafice au o largă răspândire, deoarece sînt simple, sugestive și dau rezultate suficient de exacte la stabilirea vitezelor de circulație și a timpului de mers.

III.4.3.1. Calculul vitezelor de circulație și construirea curbei $V = f(s)$ prin metoda integrării grafice

Printre procedeele grafice larg folosite pentru calculul vitezelor de circulație și construirea curbei $V = f(s)$ se află și procedeul Lipetz. Construirea curbei prin acest procedeu se face cu ajutorul diagramei forțelor specifice de accelerație. Procedeul se bazează pe relația geometrică ce trebuie să existe între aceste două curbe - (la o anumită valoare a scărilor adoptate pentru forțele specifice de accelerație, viteza de circulație și spațiul) - și anume : coarda unei porțiuni carecare (ΔV) din curba vitezelor $V = f(s)$ formează cu axa spațiului unghiuri β care sînt proporționale fiecare cu valorile medii ale forțelor specifice de accelerație ce acționează asupra trenului în limitele intervalelor de viteză ΔV respective.

Pentru a se stabili această relație geometrică se procedează în felul următor :

Se presupune construită o porțiune din curba $V = f(s)$, la scara vitezelor m_v și a spațiului m_s pentru un tren cu un anumit tonaj și locomotivă care circulă în regim de tracțiune (fig. III.22).

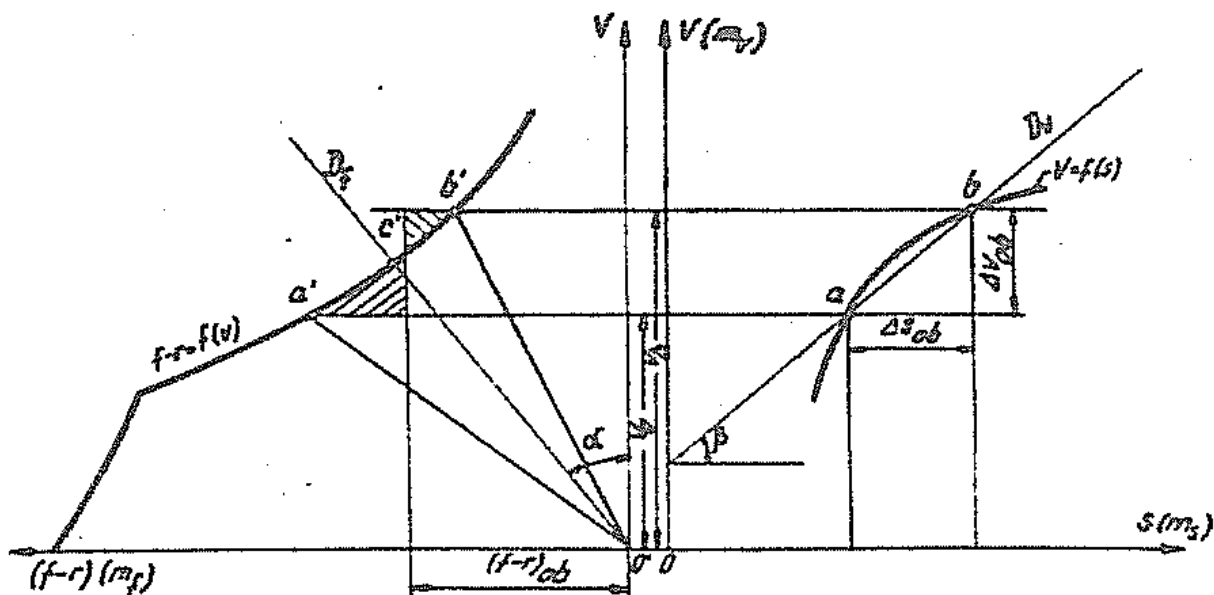


Fig. III.22. Principiul de construire a diagramei $V = f(s)$

Pe această curbă se iau două puncte a și b , astfel ca variația curbei între aceste două puncte să fie cât mai aproape de o linie dreaptă. Unind punctele a și b se obține dreapta D_v care face cu axa spațiului unghiul β . Proiecțiile punctelor a și b pe axa vitezelor și axa spațiului determină vitezele, respectiv spațiile corespunzătoare acestor puncte. Prin scăderea vitezei și spațiului corespunzătoare punctului a din viteza și spațiul corespunzătoare punctului b se obțin diferențele de viteză ΔV_{ab} și spațiu ΔS_{ab} . Avîndu-se în vedere scara la care a fost construită curba $V = f(s)$, se poate scrie :

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\Delta V_{ab}}{\Delta S_{ab}} \cdot \frac{m_v}{m_s} \quad (\text{III.130 a})$$

Înlocuind ΔV_{ab} cu valoarea obținută din ecuația de mișcare a trenului (III.101 a), rezultă :

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\varphi(f-r)_{ab}}{V_{ab}} \cdot \frac{m_v}{m_s} \quad (\text{III.130 b})$$

În continuare, se presupune construită și curba forțelor specifice de accelerație $(f-r) = f(v)$ la scara m_f și m_v , pentru același tren și în aceleași condiții de funcționare pentru care a fost construită și curba $V = f(s)$. Luînd valorile vitezelor V_a și V_b la scările respective, se determină pe curba forțelor specifice de accelerație punctele a' și b' iar corespunzătoare vitezei medii V_{ab} se determină punctul c' . Proiecția punctului c' pe axa forțelor determină valoarea medie a forțelor specifice de accelerație corespunzătoare

intervalului de viteză ΔV_{ab} (fig. III.22).

Unind punctul c' cu originea O se obține dreapta D_F , care face cu axa vitezelor unghiul α pentru care se poate scrie :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{(f-r)_{ab}}{V_{ab}} \cdot \frac{m_f}{m_v} \quad (\text{III.131})$$

Stabilind relația geometrică de legătură între curba $V = f(s)$ și $(f-r) = f(V)$, ca fiind :

$$\beta = \alpha \text{ deci } \operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \alpha \quad (\text{III.132})$$

rezultă:

1. Dreptele D_v și D_F sînt perpendiculare între ele;
2. Intre scări există următoarea relație obligatorie :

$$m_s = \varphi \frac{m_v^2}{m_F} \quad (\text{III.133})$$

Cu ajutorul acestui procedeu se pot construi curbele $V = f(s)$ pentru toate regimurile de funcționare ale locomotivei, atât la mersul trenului pe o linie situată în aliniament și palier cît și în cazul circulației trenurilor pe linie în curbă și cu declivități.

La construcția grafică a curbei $V = f(s)$ pentru un tren cu un anumit tonaj care circulă pe o linie care se procedează în următoarea ordine :

- Se calculează forțele specifice de accelerație pentru cele trei regimuri de funcționare ale locomotivei;

- Se stabilesc scările pentru reprezentarea forțelor specifice de accelerație, vitezelor de circulație și a timpilor de mers; respectiv m_F și m_v se aleg, iar m_s rezultă din relația (III.133)

- Se construiesc curbele forțelor specifice de accelerație pentru mersul în aliniament și palier, rotind sistemul de referință obîșnuit cu 90° în sens invers acelor de ceasornic. Construcția se face pe hîrtie milimetrică; (fig. III.23).

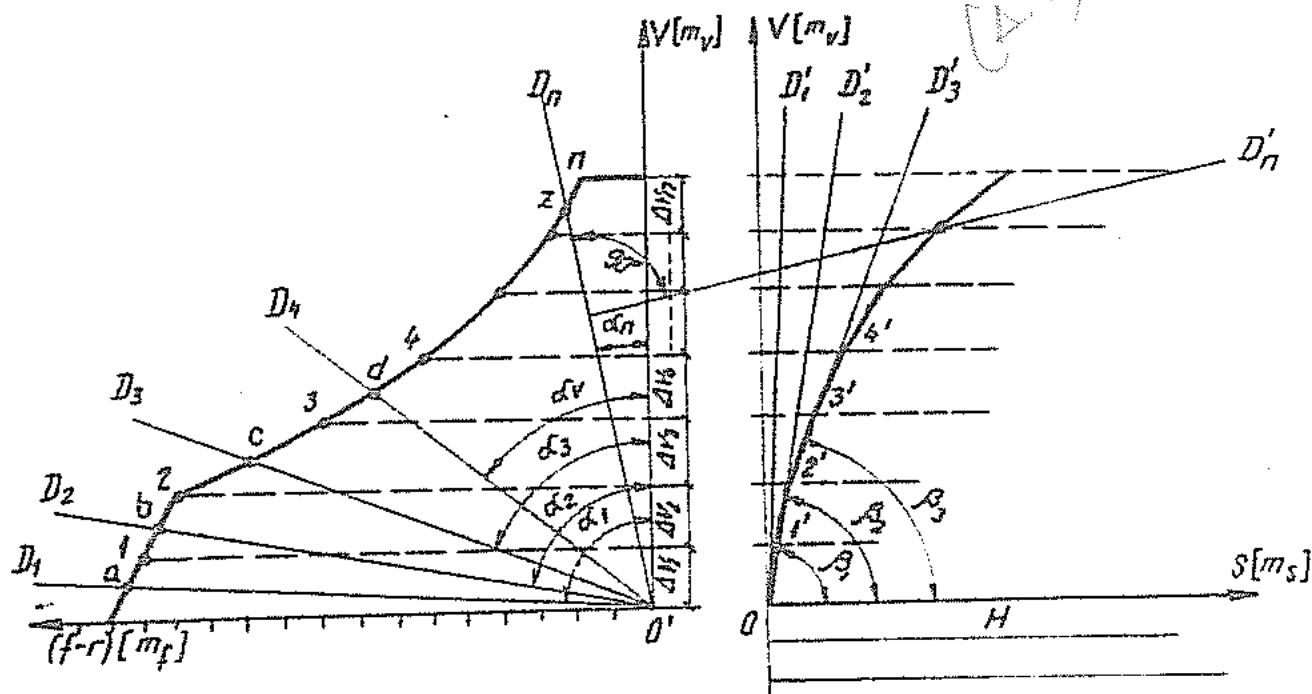


Fig. III.23. Construirea curbei $V = f(s)$ în regim de mers cu tracțiune pe o linie în aliniament și palier

- În dreapta sistemului de referință al forțelor specifice de accelerație în funcție de viteză se ia un nou sistem de referință pentru vitezele de circulație în funcție de spațiu astfel încât axele vitezelor în cele două sisteme să fie paralele iar axa spațiilor să fie în continuarea axei forțelor specifice de accelerație. Sub axa spațiilor se trasează profilul simplificat al liniei, la scară m_s .

- Se aleg intervalele de viteză $\Delta V_1, \Delta V_2, \dots, \Delta V_n$ cu respectarea variației aproximativ lineare a curbei forțelor specifice de accelerație. Se recomandă ca intervalele de viteză să fie $\Delta V = 10 \text{ km/h}$, iar viteza de calcul să fie luată ca limită între două intervale de viteză. Prin extremitățile intervalelor de viteză se dau paralele la axa absciselor, care intersectează curba forțelor specifice în punctele 1, 2 ... n. Se determină apoi valorile medii pentru forțele specifice de accelerație, pentru fiecare interval de viteză în parte, reprezentate pe figură prin punctele a, b, c, ... , n;

- Se unesc punctele a, b, c, ... z, cu originea O' și se obțin dreptele $D_1, D_2, \dots, D_n$ care fac cu axa vitezelor unghiurile $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$.

- Construirea diagramei $V = f(s)$ se începe din originea axelor (O) prin ridicarea dreptelor $D'_1, D'_2, \dots, D'_n$ care sînt perpendiculare pe dreptele $D_1, D_2, \dots, D_n$ și care formează cu axa spațiului unghiurile $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ care sînt egale cu unghiurile $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$.

Aceste dreptele se obțin ducînd perpendiculare pe dreptele $D_1, D_2, \dots, D_n$ prin punctele care reprezintă mărimea vitezelor de circulație la începutul intervalelor $\Delta V_1, \Delta V_2, \dots, \Delta V_n$;

Intersecția dreptelor $D_1, D_2 \dots D_n$ cu dreptele ce limitează intervalele de viteză $\Delta V_1, \Delta V_2 \dots \Delta V_n$ determină punctele $1', 2', \dots n'$;

- Unind punctele $1', 2' \dots n'$ se obține curba vitezelor $V = f(s)$.

Cînd trenul circulă pe o declivitate - deoarece la forțele specifice de accelerație la mers în aliniament și palier se mai adaugă forțe specifice dată de declivitate - axa ordonatelor (axa vitezelor) trebuie deplasată spre stînga în cazul rampelor și spre dreapta în cazul pantelor cu o distanță egală cu valoarea declivității lustră la scară. Prin această deplasare se obține o nouă origine pentru ducerea dreptelor $D_1, D_2 \dots D_n$.

La trecerea trenului pe un nou element de profil trebuie să se cunoască sensul de variație a vitezei față de elementul precedent. Pentru aceasta trebuie comparată viteza trenului în momentul trecerii pe noul element (V) cu viteza de echilibru corespunzătoare declivității elementului de profil respectiv (V_0). Pot să apară următoarele situații :

a/. viteza de echilibru este mai mare decît viteza trenului la intrare pe elementul de profil; în acest caz viteza de circulație a trenului va avea tendința să crească, deci intervalele de viteză din diagrama forțelor specifice de accelerație se vor lua în sensul crescător al vitezei;

b/. viteza de echilibru este mai mică decît viteza de atac a elementului; în acest caz viteza de circulație a trenului are tendința să scadă și deci intervalele de viteză din diagrama forțelor specifice se vor lua în sensul descrescător al vitezei ;

c/. viteza de echilibru este egală cu viteza de atac a elementului, viteza de circulație se va menține neschimbată pe întreaga lungime a elementului de profil.

La construirea curbei vitezelor $V = f(s)$, la trecerea de pe un element de profil pe altul, nu întotdeauna curba vitezelor trece prin punctul de intersecție al verticalei care delimitează elementele de profil cu dreapta care limitează intervalul de viteză ΔV pentru care se construiește curba vitezei.

În asemenea situații este necesar a se lua un alt interval de viteză $\Delta V' < \Delta V$, pentru care se repetă construirea segmentului de viteză. Dacă nici după această încercare nu se reușește se va lua un alt interval de viteză $\Delta V''$ și se repetă construirea acestui segment pînă cînd curba $V = f(s)$ va trece prin punctul de intersecție menționat mai sus.

Curbele vitezelor de circulație ale trenurilor $V = f(s)$ se

construiesc pentru toate regimurile de funcționare ale locomotivei la mersul pe liniile în aliniament și palier cum și pe liniile în curbe și în declivitate.

III.4.3.2. Calculul timpului de mers și construirea curbei $T = f(s)$

Pentru calcularea timpilor de mers există mai multe procedee dintre care o răspândire mai largă au căpătat procedeele vitezelor constante și procedeele Labedev.

Toate procedeele de determinare a timpilor de mers necesită cunoașterea în prealabil a vitezelor de circulație.

Calculul timpilor de mers prin procedeele vitezelor constante

Acest procedeu se bazează pe o ipoteză simplificatoare și anume: trenul circulă pe fiecare element de profil cu o viteză constantă și care este egală cu viteza de echilibru corespunzătoare declivității, iar la trecerea pe un nou element de profil viteza se schimbă brusc.

Valorile vitezelor de echilibru pe diferitele declivități ale elementelor de profil se determină cu ajutorul diagramei forțelor specifice de accelerație prin intersectarea dreptelor paralele duse la axa vitezei, corespunzătoare declivităților elementelor de profil, cu diagrama forțelor specifice de accelerație (Fig. III.18)

Pentru determinarea relațiilor de calcul se consideră o porțiune de linie între două stații A și B, formată din n elemente de profil având declivitățile $i_1, i_2 \dots i_n$ și lungimile $l_1, l_2 \dots l_n$ (fig. III.24). Vitezele de echilibru corespunzătoare fiecărui element de profil au valorile $V_1, V_2 \dots V_n$.

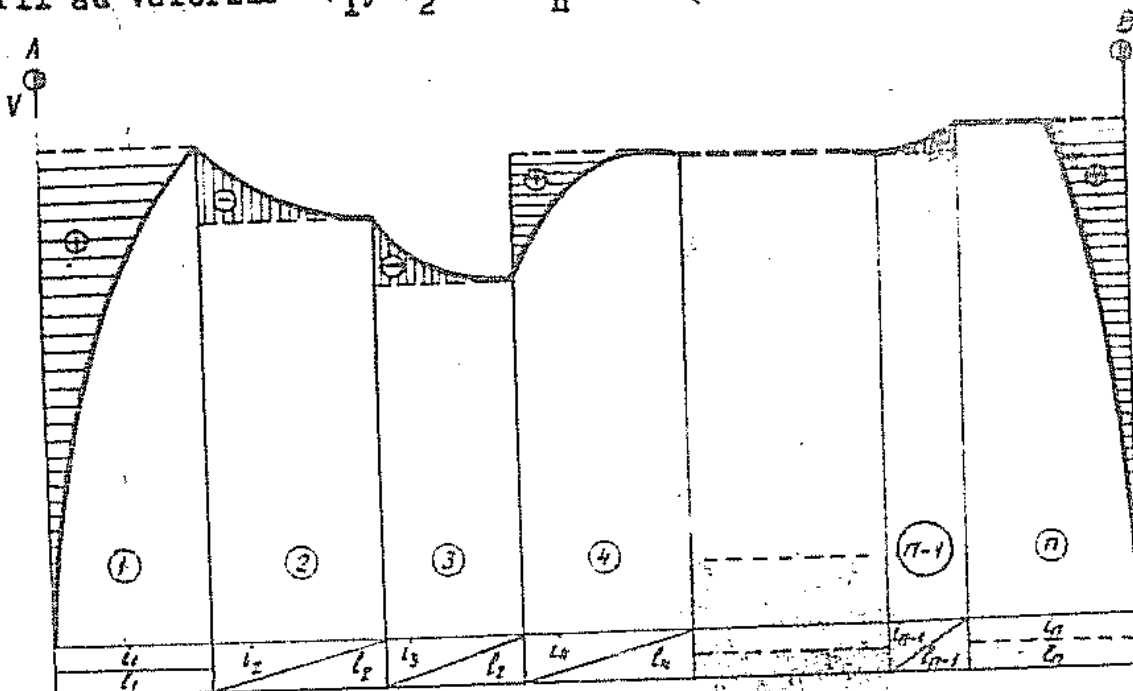


Fig. III.24. Construirea diagramei $V = f(s)$ prin procedeele vitezelor constante

Timpul, în minute, necesari parcurgerii fiecărui element de profil se pot calcula cu relațiile :

$$t_1 = 60 \frac{\ell_1}{v_1}; t_2 = 60 \frac{\ell_2}{v_2} \dots t_n = 60 \frac{\ell_n}{v_n}$$

Timpul total pentru parcurgere distanța de circulație cuprinsă între cele două stații se determină prin însumarea timpilor necesari parcurgerii fiecărui element de profil :

$$T = t_1 + t_2 \dots t_n = 60 \left(\frac{\ell_1}{v_1} + \frac{\ell_2}{v_2} + \dots \frac{\ell_n}{v_n} \right)$$

sau :

$$T = 60 \sum_{k=1}^{k=n} \frac{\ell_k}{v_k} \quad [\text{min}] \quad (\text{III.134})$$

Curba $V = f(s)$ se construiește prin segmente de dreaptă paralele cu axa spațiului. Din figură se observă că viteza se schimbă brusc la trecerea de pe un element de profil pe altul.

În realitate însă, la trecerea trenului de pe un element de profil pe altul, viteza de circulație variază după o curbă, tinzând spre viteza de echilibru; această viteză se realizează numai dacă elementul de profil este suficient de lung.

De asemenea, la demarare viteza trenului crește treptat, începând de la zero. Când elementul de profil pe care se face demararea este suficient de lung, trenul va ajunge să circule cu viteza de echilibru corespunzătoare declivității acestui element de profil. La fel, în timpul frînării pentru oprirea trenului în stație, viteza trenului scade de la o valoare corespunzătoare începutului frînării pînă la zero.

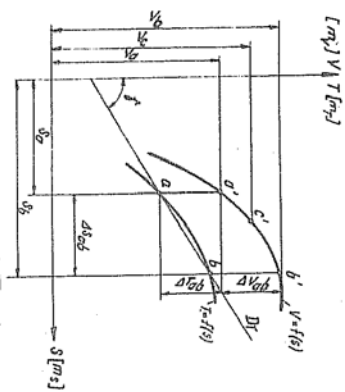
Ținînd seama de cele de mai sus și reprezentînd variația reală a vitezei de circulație printr-o linie continuă (fig. III.24), se observă că pe unele elemente de profil curba vitezelor reale se găsește deasupra curbei vitezelor trasate inițial prin segmente de dreaptă, (hașurat vertical), iar pe alte elemente de profil se găsește dedesubtul acestuia (hașurat orizontal).

Dacă se consideră că diferențele de viteză se compensează reciproc - afară de cele corespunzătoare elementelor de profil pe care se efectuează demararea și frînarea trenului - rezultă că timpul de parcurgere distanța de circulație între cele două stații se poate calcula cu suficientă exactitate dacă se adaugă niște timpi suplimentari ($t_d + t_f$) folosindu-se relația :

$$T = 60 \sum_{k=1}^{k=n} \frac{\ell_k}{v_k} + t_d + t_f \quad [\text{min}] \quad (\text{III.135})$$

Calecului timpului de mers și construirea curbei $T = f(s)$ prin metoda intersecției grafelor. Prin această metodă calecului și construirii curbei $T = f(s)$ se faceau cu ajutorul curbei vitezelor $V = f(s)$. Procedeul nu bazându-se pe rația geometrică, ci trebuia să existe între aceste două curbe - la o anumită valoare a accelerațiilor adoptate pentru aceste valori ale vitezei, diferența dintre cele două funcții să fie egală cu valoarea unei porțiuni din curbă timpului $T = f(s)$ sau era timpul (t_0) este proporțional cu valoarea mediei vitezei de strălucire a trenului în limitele speșimii considerate.

In vederea stabilirii acestor relații geometrice, se presupun oarbele cubice $V = f(s)$ și $\Gamma = f'(s)$. Le score v'etendons m_y , score specificat m_g și score timpului m_t (§§. III.25).



P15. III.25. Principiul de conservare a diagramei $\Pi = \Gamma(\sigma)$

Pe curba timpului se iau două puncte a și b . Perpendicularele coborâte din punctele a și b pe axa spațiului determină pe curba $V = f(s)$ punctele a' și b' .

Proiecțiile acestor puncte pe axa spațiului și axa timpului, respectiv viteză, determină spațiile, timpii și vitezele corespunzătoare. Unind punctul a cu b se obține dreapta D_T care face cu axa timpului unghiul γ . Prin scăderea timpului și spațiului corespunzătoare punctului a din timpul și spațiul corespunzătoare punctului b se obțin diferențele de timp ΔT_{ab} și de spațiu ΔS_{ab} .

Din figura III.25, avându-se în vedere scara la care a fost construită curba $T = f(s)$, se poate scrie :

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\Delta S_{ab}}{\Delta T_{ab}} \cdot \frac{m_s}{m_t} \quad (\text{III.136 a})$$

dar ,

$$\frac{\Delta S_{ab}}{\Delta T_{ab}} = V_{ab}$$

de unde, dacă se înlocuiește valoarea vitezei medii V_{ab} , rezultă :

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{m_s}{m_t} V_{ab} \quad (\text{III.136 b})$$

Aceasta este relația geometrică dintre curba timpului $T = f(s)$ și curba vitezei $V = f(s)$ și exprimă faptul că unghiul format de coarda unei porțiuni din curba $T = f(s)$ cu axa timpului este proporțional cu viteza medie de mers în intervalul de spațiu considerat.

Practic, pentru construirea curbei timpului, în baza relației geometrice stabilite mai sus, se procedează în următoarea ordine :

- Se construiește, în prealabil, curba vitezelor $V = f(s)$ la scările m_v și m_s . Curba vitezelor se împarte în porțiuni elementare, alese arbitrar, $0_1, 1_2, 2_3 \dots (n-1)_n$, care determină pe axa spațiului intervalele de spațiu $\Delta S_1, \Delta S_2 \dots \Delta S_n$ (fig. III.26). Pentru a se ușura construcția grafică, se recomandă ca punctele $1, 2, 3 \dots n$ să reprezinte punctele caracteristice ale curbei $V = f(s)$, iar pentru a se obține o precizie satisfăcătoare este de dorit ca intervalele de viteză determinate de aceste puncte ΔV să fie cât mai mici, cel mult egale cu 10 km/h. În limitele acestor intervale de spațiu, vitezele se consideră constante și egale cu valorile lor medii determinate de punctele $a, b, c, \dots n$;

- În stînga sistemului de referință al vitezelor, se duce o perpendiculară (Δ) pe axa spațiului, la o distanță D . Se proiectează punctele $a, b, c \dots z$ pe dreapta (Δ), obținîndu-se punctele $a', b', c', \dots z'$. Unind aceste puncte cu originea O se obțin dreptele $Oa', Ob', Oc' \dots Oz'$ care fac cu axa spațiului unghiurile $\gamma'_1, \gamma'_2, \dots, \gamma'_n$.

-Construirea curbei $T = f(s)$ se începe din originea sistemului de referință al vitezelor de circulație, care se confundă cu originea sistemului de referință a timpului. Prin originea 0 se duce o perpendiculară pe dreapta Oa' pînă la intersecția cu verticala dusă prin punctul 1 care limitează intervalul de spațiu considerat S_1 , obținându-se punctul $1'$. Prin punctul $1'$ se duce o perpendiculară pe dreapta Ob' pînă la intersecția cu verticala care limitează intervalul de spațiu S_2 , obținându-se punctul $2'$.

Prin același procedeu se obțin punctele $3', 4', \dots n'$. Unind punctele $1', 2', 3', \dots n'$ se obține curba timpului $T = f(s)$.

Relația geometrică care stă la baza construcției curbei timpului $T = f(s)$ cu ajutorul vitezei $V = f(s)$ - adică relația (III.136) este satisfăcută numai atunci cînd este satisfăcută și relația dintre scările vitezelor m_v , spațiului m_s , timpului m_t și distanța D .

Se observă din fig. (III.26) că unghiurile $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ sînt proporționale cu vitezele medii din intervalele de spațiu respectiv.

Tangentele acestor unghiuri sînt date de relațiile :

$$\operatorname{tg} \delta_1 = v_{m1} \frac{m_s}{m_t}; \operatorname{tg} \delta_2 = \frac{m_s}{m_t}; \dots \operatorname{tg} \delta_n = v_{mn} \frac{m_s}{m_t}$$

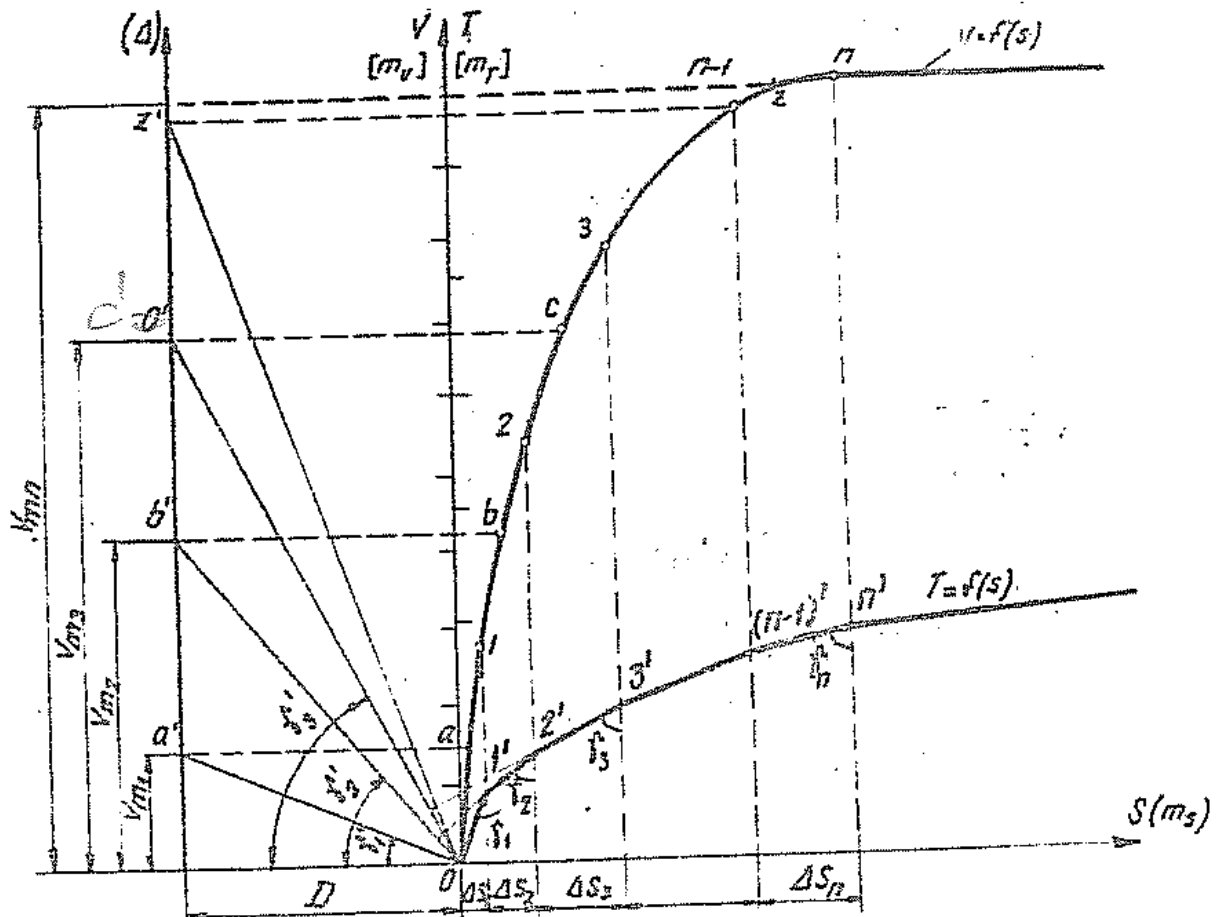


Fig. III.26 Construirea curbei timpului $T = f(s)$

Din aceeași figură se pot scrie și tangentele unghiurilor

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$

$$\operatorname{tg} \beta_1 = v_{m1} \frac{m_v}{D}; \operatorname{tg} \beta_2 = v_{m2} \frac{m_v}{D} \dots \operatorname{tg} \beta_n = v_{mn} \frac{m_v}{D}$$

Unghiul β_k și β'_k avînd laturile reciproce perpendiculare, sînt egale între ele și deci

$$\operatorname{tg} \beta_k = \operatorname{tg} \beta'_k$$

sau

$$v_{mk} \frac{m_s}{m_t} = v_{mk} \frac{m_v}{D}$$

de unde rezultă condiția obligatorie pentru scara timpului

$$m_t = \frac{m_s}{m_v} D \quad (\text{III.137 a})$$

Înlocuind în această relație scara spațiului m_s cu valoarea stabilită în relația (III.133), se obține :

$$m_t = \varphi \frac{m_v^2}{m_f m_v} \cdot D = \varphi \frac{m_v}{m_f} \cdot D \quad [\text{mm/h}] \quad (\text{III.137 b})$$

sau

$$m_t = \varphi \frac{m_v}{m_f} \frac{D}{60} \quad [\text{mm/min}] \quad (\text{III.137 c})$$

În această relație mărimea D se ia, de regulă, 30 mm.

Așa dar, construirea curbei timpului $T = f(V)$ se face cu ajutorul curbei vitezelor $V = f(s)$, respectînd relația geometrică dintre aceste două curbe (III.136), precum și relația obligatorie dintre scări (III.137).

Scările uzuale pentru calculul și construirea curbei vitezelor și curbei spațiului sînt redată în tabelul de mai jos.

Tabelul III.4

Scările uzuale în calculele de tracțiune

Mărimea și unitatea de măsură	Relații obli- gatorii	S c a r a , în mm					
		1	2	3	4	5	6
Forța specifică, în kg/t	m_f	4,8	4,8	6	9,6	10	12
Viteza, în km/h. . .	m_v	2	4	1	2	2	2
Spațiu, în km. . . .	$m_s = \varphi \frac{m_v^2}{m_f}$	100	400	20	50	48	40
Timp, în minute. . .	$m_t = \varphi \frac{m_v}{m_f} \cdot \frac{D}{60}$	-	-	10	-	-	10

Capitolul IV

PROIECTAREA LINIILOR DE CALE FERATA

Una din operațiile principale în procesul de proiectare a liniilor noi de cale ferată și reconstrucție a liniilor existente constă în stabilirea poziției axei căii.

Deoarece axa căii este o succesiune de linii drepte și curbe în spațiu având o înclinare mică față de planul orizontal, practic se lucrează cu proiecția axei căii ferate pe plan orizontal și proiecția axei desfășurate pe plan vertical.

Stabilirea corectă a poziției axei căii în planul de situație și în profilul în lung reprezintă o operație de mare însemnătate, deoarece de poziția axei căii depind caracteristicile tehnice și economice de construcție și exploatare a liniei, precum și confortul și siguranța circulației.

Modificarea ulterioară a poziției axei căii în planul de situație și în profilul în lung comportă numeroase neajunsuri: dificultăți din punct de vedere tehnic, investiții suplimentare, deranjarea circulației în timpul procesului de execuție etc.

IV.1. Calculul elementelor liniei în planul de situație

Elementele căii în plan sînt: aliniamentele și curbile, cu sau fără racordări, fig.4.1.

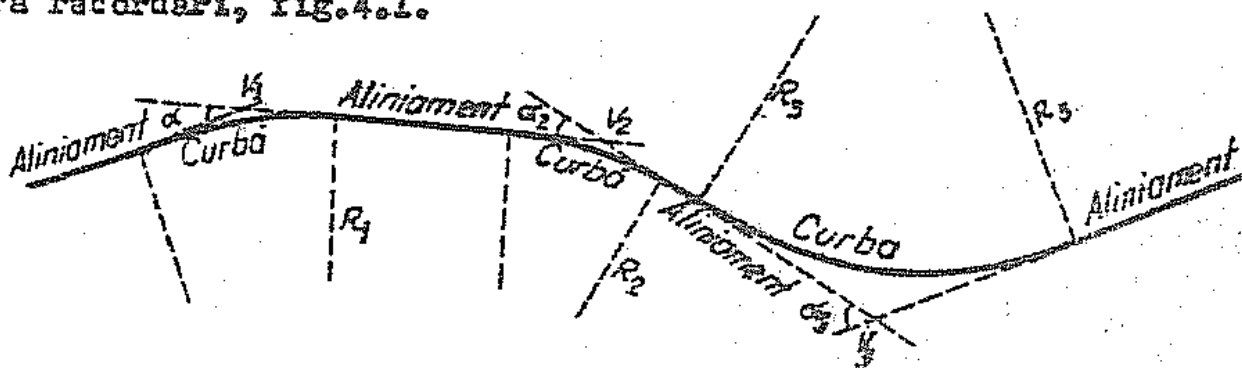


Fig. IV.1. Elementele principale ale traseului primitiv

IV.1.1. Aliniamente

Aliniamentul este porțiunea de cale ferată, care are axa căii în linie dreaptă.

Axa a două aliniamente succesive se întretaie într-un punct denumit vîrf de unghi (fig. IV.2).

Unghiul α_1 format din două aliniamente succesive se numește unghi de abatere.

Aliniamentele se caracterizează prin lungime și orientare.

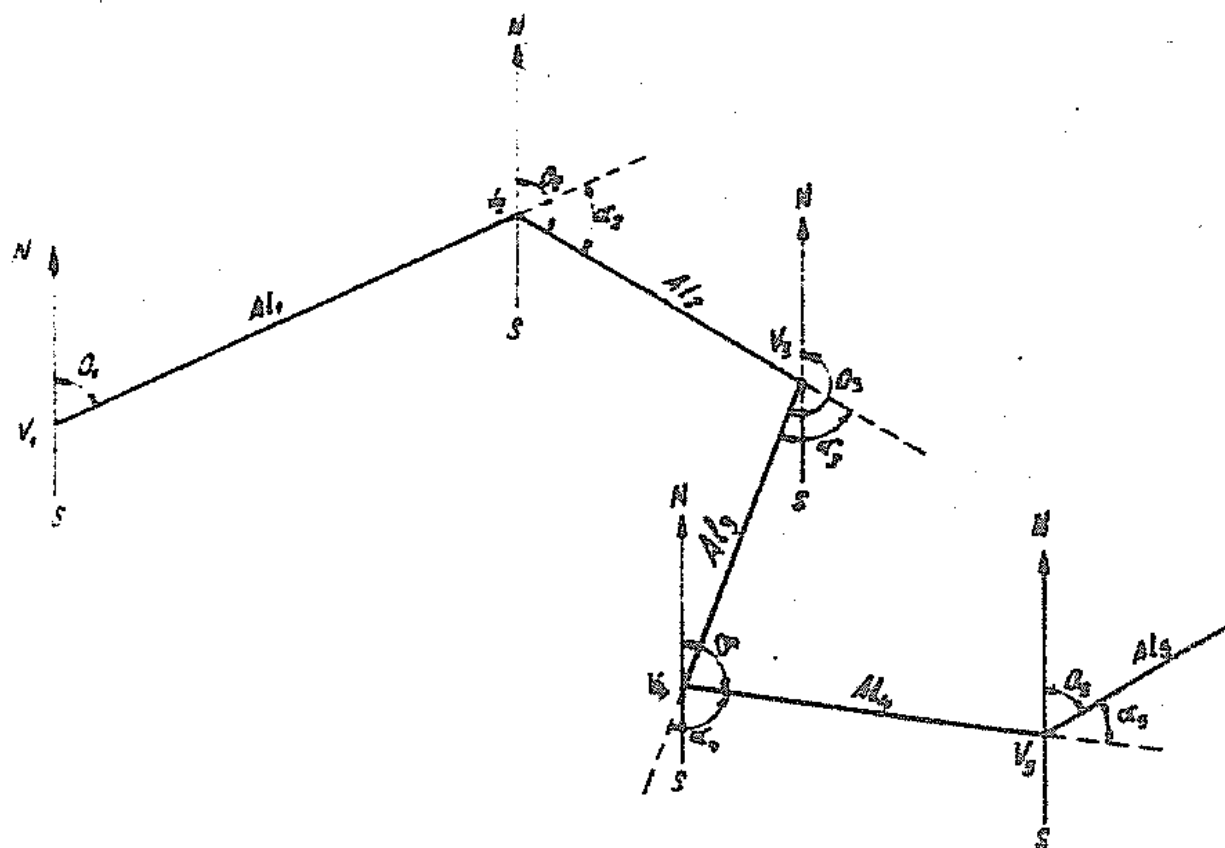


Fig. IV.2. Orientările aliniamentelor și distanțele între vîrfurile de unghi

Lungimea aliniamentelor se măsoară între capetele curbilor de racordare a două curbe succesive. Orientarea aliniamentului este determinată de unghiul pe care acesta îl formează cu direcția nord-sud (azimutul).

Aliniamentele asigură o circulație cu viteză mare și o vizibilitate optimă; de aceea la proiectarea căilor ferate se recomandă să se obțină aliniamente cît mai lungi.

Satisfacerea acestei cerințe produce dificultăți însemnate în construirea liniei, mai ales atunci cînd linia străbate un teren accidentat din punct de vedere topografic și cu condiții geotehnice nefavorabile pentru construirea liniilor de cale ferată. De multe ori este mai avantajos ca o parte din obstacolele întîlnite să fie ocolite. Aceasta atrage după sine abaterrea căii de la linia dreaptă și în consecință, frîngerea aliniamentului.

Lungimea aliniamentului raportată la lungimea totală a liniei, dă indicații asupra calității traseului unei linii de cale ferată.

Lungimea aliniamentelor variază în funcție de caracteristicile

α - unghiul de abatere (unghiul la centru);
 T - tangenta curbei;
 B - bisectoarea curbei;
 C - lungimea curbei.

Valorile elementelor curbei se alege în funcție de categoria liniei și relieful regiunii;

- Valoarea razei curbei se alege în funcție de categoria liniei și relieful regiunii;

- Valoarea unghiului de abatere se stabilește în funcție de condițiile de înscriere la teren;

- Valorile tangentei, bisectoarei și lungimii curbei se calculează în funcție de rază și unghiul de abatere, cu relațiile :

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad [\text{m}] \quad (\text{IV.1})$$

$$B = VO - R = R \left(\frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}} - 1 \right) = R \left(\sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right) \quad [\text{m}] \quad (\text{IV.2})$$

$$C = \frac{\pi \cdot R \cdot \alpha}{180} \quad (\text{IV.3 a})$$

când unghiul de abatere este măsurat în grade sexagesimale și

$$C = \frac{\pi \cdot R \cdot \alpha}{200} \quad (\text{IV.3 b})$$

când unghiul de abatere este măsurat în centesimale.

Pentru ușurința lucrului la calculul elementelor curbelor, se folosesc tabele^{x)} care dau numeric valoarea expresiilor :

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \sec \frac{\alpha}{2} - 1, \frac{\pi \cdot \alpha}{180} \text{ sau } \frac{\pi \cdot \alpha}{200}$$

pentru toate unghiurile uzuale.

Tabelele pentru calculul elementelor curbelor circulare,

s-au întocmit pentru unghiuri cu valori de pînă la 120 grade în sistemul de diviziune sexagesimal și pînă la 133 grade în sistemul de diviziune centesimal.

Dacă unghiul de abatere $\alpha > 120^\circ$, pentru a se calcula elementele curbei, se împarte curba în două părți, astfel ca:

$$l_1 = r(\alpha_1) \quad l_2 = r(\alpha_2) \quad \alpha_1 + \alpha_2 = \alpha$$

x) Ing. Trifu Aurel. Tabele pentru trasarea curbelor în sistem centesimal. Ed. Căilor Ferate. București, 1957.

M. Goflea, Gr. Mitran, D.A. Sburlean. Indrumător topografic pentru căi de comunicații. Ed. tehnică, București, 1955.

I.C. Drăgan și D.A. Sburlean. Tabele pentru trasarea curbelor la proiectarea și execuția căilor de comunicație. Editura Ceres, București, 1972.

Curbele cu rază mică prezintă numeroase dezavantaje dintre care cele mai însemnate sînt următoarele :

- limitarea vitezei de circulație;
- sporirea rezistenței trenului la mers;
- sporirea uzurii șinei și a bandajului roții;
- necesitatea consolidării suprastructurii căii în curbă;
- micșorarea coeficientului de aderență între roți și șină;
- lungirea liniei.

Proiectarea linii ferate folosind curbe cu raze mici, prezintă în schimb unele avantaje ca: inserierea mai bună la teren, micșorarea volumului lucrărilor de terasamente, reducerea cheltuielilor de investiție. În unele cazuri - ca de exemplu în zone aglomerate, industriale - construirea liniei în curbe cu raze mici poate reprezenta singura soluție justificată sub aspect tehnic și economic.

Raza minimă admisă la proiectare se stabilește în funcție de viteză maximă a liniei prevăzută în tema de proiectare.

Razele curbelor folosite la proiectarea căilor ferate au și o limită superioară. În racordarea aliniamentelor din planul de situație nu se folosese, în general, curbe cu raze mai mari de 5000 m. Chiar dacă condițiile topografice ar permite racordarea aliniamentelor la curbe circulare cu raze de peste 5000 m, datorită lungimii mari a sectoarelor situate în curbă, este de preferat ca aceste curbe să fie înlocuite prin aliniamente racordate cu curbe circulare de rază mai mică. Raza acestor curbe va trebui să fie astfel aleasă încît să se poată circula prin curbă fără restricție de viteză.

În țara noastră, prin RBT se stabilește ca raze minime ale curbelor admise pe liniile noi de interes public $R = 1000$ m în regiune de șes și $R = 300$ m în regiune de munte. Pe liniile industriale se pot proiecta curbe cu raze mai mici de 300 m.

Admițînd că razele curbelor circulare ce se întrebuintează pentru racordarea aliniamentelor în planul de situație variază în limite foarte largi, - de la 200 la 5000 m, - pentru a se asigura condiții mai bune pentru trasarea curbelor și pentru întreținerea lor, s-au stabilit mărimi standard, exprimate în metri :

5000,	4000,	3000,	2500,	2000,	1700,	1600,
1500,	1400,	1300,	1200,	1100,	1000,	900,
800,	700,	600,	550,	500,	450,	400,
350,	300,	275,	250,	225,	200,	

În mod excepțional, în cazuri bine justificate, se admite folosirea și a altor raze decât cele indicate mai sus, având ca valori numere întregi cuprinse între 200 - 5000 m, și anume :

- de la 200 la 500 m multiplu de 25 m;
- de la 500 la 1000 m multiplu de 50 m;
- peste 1000 m multiplu de 100 m.

IV.1.3. Curbe de racordare

Circulația trenurilor se realizează în condiții optime - sub aspectul confortului - pe sectoarele de linie în aliniament. La circulația pe sectoarele situate în curbele circulare, confortul se reduce datorită apariției unor accelerații provocate de particularitățile construcției căii: executarea căii cu o anumită rază de curbura, supraînălțare și supralărgire.

Acțiunea acestor forțe se resfringe nefavorabil asupra confortului, mai ales atunci când valorile forțelor sînt mari, iar apariția lor se face brusc.

Mersul liniștit prin curbe și deci confortul sporit se realizează atunci când între aliniament și curba circulară se intercalează o curbă de racordare.

În practica proiectării și construirii căilor ferate se folosesc, în funcție de confortul dorit, diferite tipuri de curbe determinate prin funcții algebrice (elotoida, lemniscata, parabola cubică, parabola de gradul IV), sau prin funcții trigonometrice (sinusoida).

Ansamblul format - curba circulară împreună cu cele două arce aparținînd curbelor de racordare intercalate între curba circulară și aliniamente - poartă numele de curbe cu racordări (fig. IV.5).

Instrucțiunile în vigoare în țara noastră prevăd folosirea curbelor de racordare în funcție de viteza de circulație, după cum urmează :

$V \leq 120$ km/h - parabolă cubică (curbură lineară);

$V > 120$ km/h - parabolă de gradul IV (curbură în formă de 'S').

În planul de situație se indică următoarele puncte principale și elemente ale ansamblului format din curba circulară și cele două curbe de racordare:

- punctele: VO, TI, TE, MC, AR, RC, CR, RA ;
- elementele: R - raza curbei, în m;

α - unghiul aliniamentelor spre centrul curbei, în grade sexagesimale sau centesimale;

- T - tangenta curbei, în m;
 B - bisectoarea, adică distanța vârfului curbei, în m;
 C - lungimea curbei între TI și TE, în m;
 l - lungimea curbei de racordare asimilată cu proiecția ei pe aliniament în prelungirea acestuia, în m.

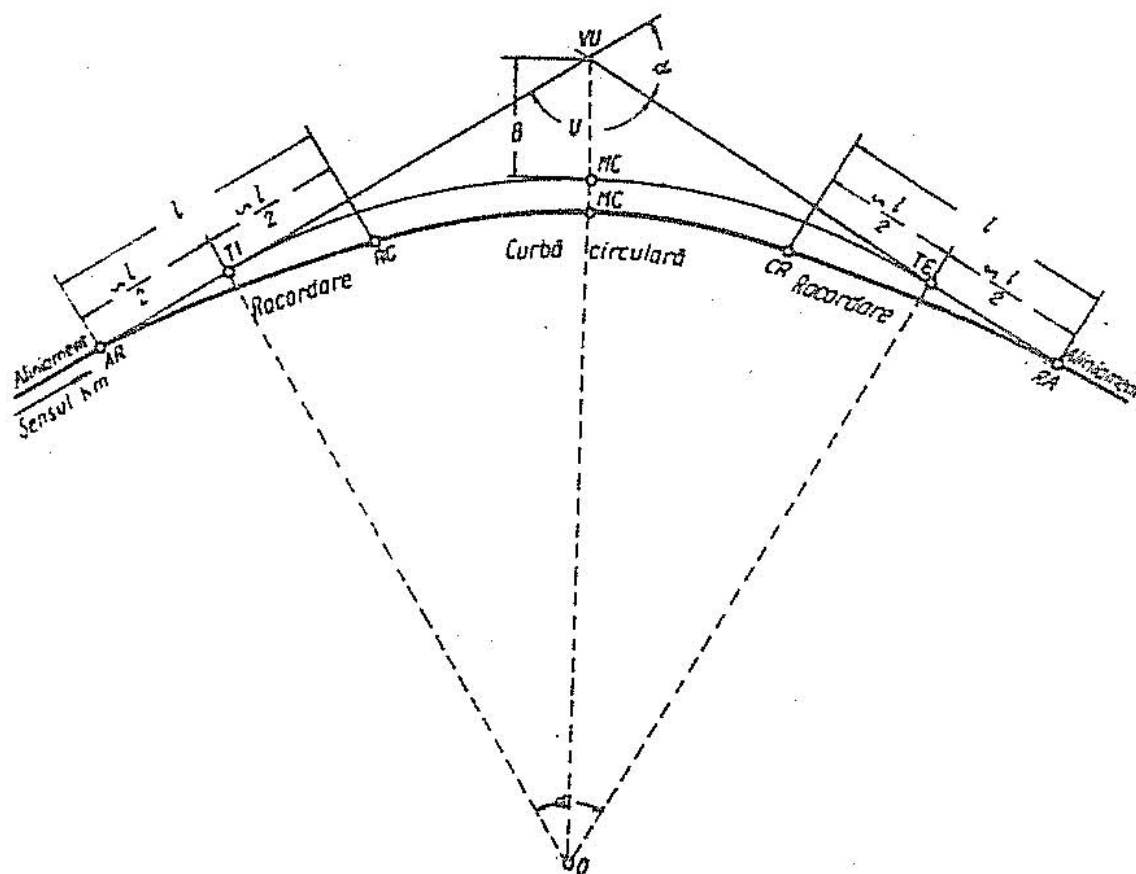


Fig. IV.5. Curbă circulară prevăzută cu racordări.

Instrucțiunile pentru determinarea elementelor geometrice ale curbelor de cale ferată stabilesc lungimea curbelor de racordare în funcție de raza curbei circulare și viteza maximă.

Elementele curbelor de racordare și punctele necesare pentru trasarea acestora se obțin fie prin calcul, fie folosind tabelele întocmite în acest scop.

IV.1.4. Trecerea între două curbe vecine. Lungimea minimă a aliniamentului cuprins între vîrfurile de unghi

Două curbe alăturate pot fi îndreptate în același sens sau în sens contrar (curbă și contracurbă).

Între două curbe alăturate trebuie să se asigure o porțiune de linie fără supraînălțare, sau cu supraînălțare constantă avînd lungimea de cel puțin :

$$a \geq \frac{V_{\max}^3}{2} \quad [m] \quad (IV.4)$$

în care : a - este lungimea aliniamentului dintre două curbe alăturate, în m;

$V_{\max}$ - viteza maximă de circulație peste ansamblul celor două curbe, în km/h.

În cazuri excepționale, lungimea porțiunii intermediare poate fi redusă pînă la cel mult 30 m.

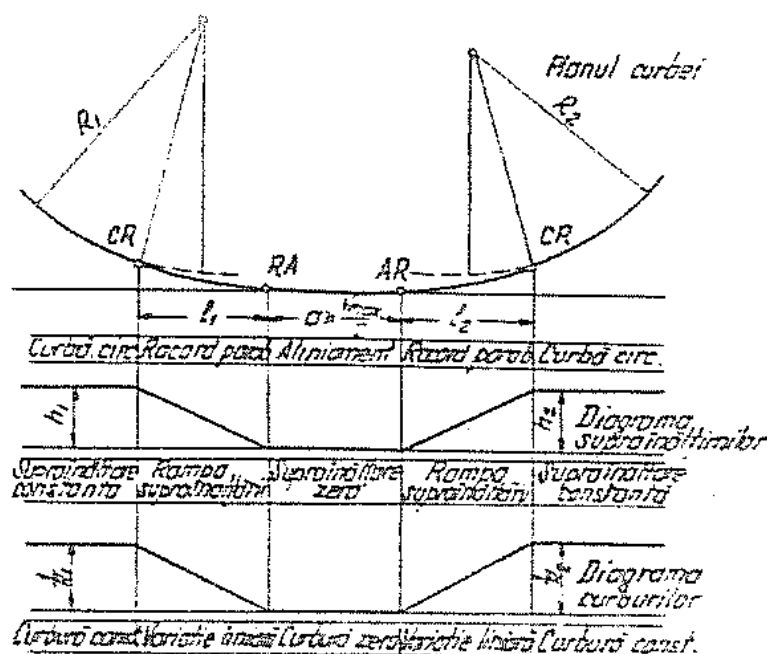


Fig. IV.6. Tracerea între două curbe vecine de același sens - cu aliniament intermediar

În figura IV.6, este prezentată tracerea între două curbe vecine îndreptate în același sens cu aliniament intermediar.

În figura IV.7 este prezentată trecerea între două curbe vecine îndreptate în sensuri contrarii (curbă și contracurbă), tot pentru asigurarea unui aliniament intermediar.

. Cunoscînd că aproximativ jumătate din lungimea curbei de racordare se repartizează curbei circulare iar cealaltă jumătate se repartizează aliniamentului, este necesar ca aliniamentul cuprins între vîrfurile de unghi a două curbe vecine să aibă o lungime suficientă pentru

asigura construirea curbelor circulare, a curbelor de racordare, precum și a porțiunii de linie în aliniament

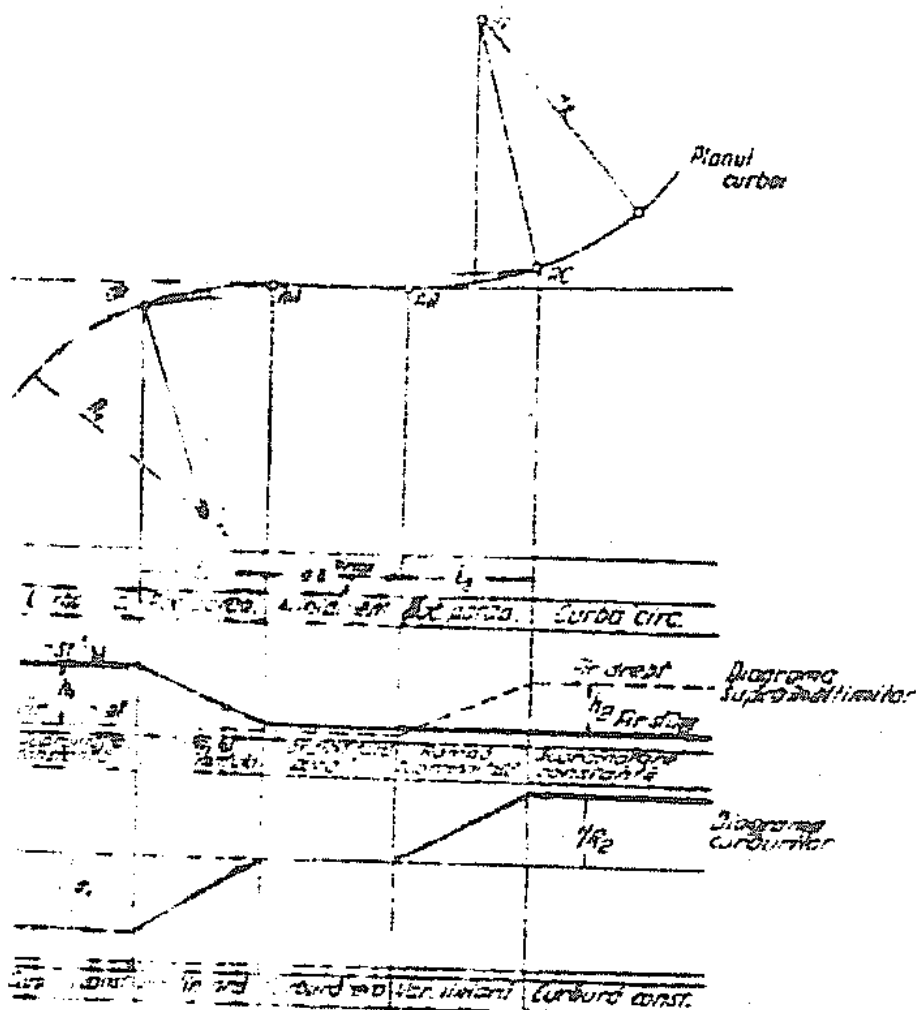


Fig. IV. 7.

Trecerea între două curbe vecine îndreptate în sens contrar - cu aliniament intermediar

De aici rezultă lungimea minimă a aliniamentelor măsurate între virfurile de unghi:

$$l_{\min} = T_1 + T_2 + \frac{l_1 + l_2}{2} + a \quad [m] \quad (IV.5)$$

în care:

- $l_{\min}$ - este lungimea minimă a aliniamentului;
- T_1, T_2 - tangentele celor două curbe circulare;
- l_1, l_2 - lungimea celor două curbe de racordare;
- a - porțiunea de linie fără supraînălțare, cuprinsă între cele două curbe de racordare.

Dacă între două curbe alăturate, îndreptate în același sens și care au aceeași rază de curbură, nu se poate realiza o porțiune de lungime prescrisă de formula (IV.4), trebuie studiată posibilitatea unificării lor într-o curbă cu rază unică. În acest caz, lungimea minimă a distanței între virfurile de unghi este dată de relația:

$$l_{\min} = T_1 + T_2 \quad (IV.6)$$

Dacă între două curbe ce se succed nu se poate realiza o porțiune intermediară de lungime prescrisă prin formula (IV.4), se recomandă ca între aceste curbe să se introducă o curbă de racordare. Introducerea acestei racordări este obligatorie atunci când lungimea aliniamentului intermediar este mai mică de 30 m. Racordarea a două curbe alăturate printr-o curbă de racordare este prezentată în fig. IV.8, când curbele alăturate sînt de același sens, și în fig. IV.9 când curbele alăturate sînt îndreptate în sens contrar.

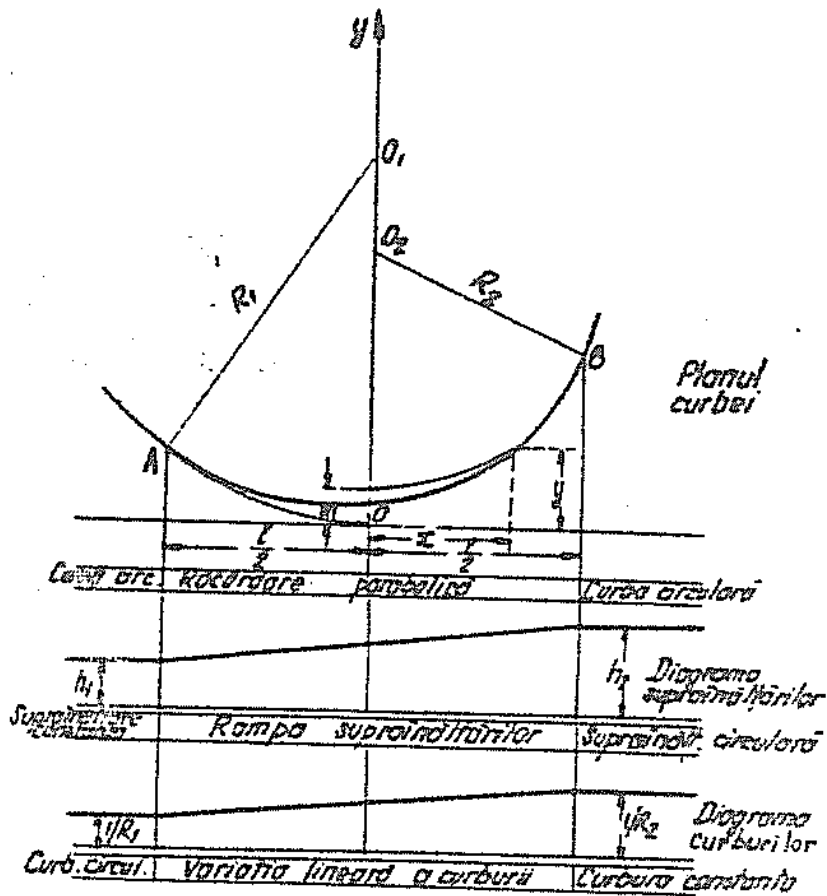


Fig. IV.8. Racordarea a două curbe alăturate de același sens fără aliniament intermediar

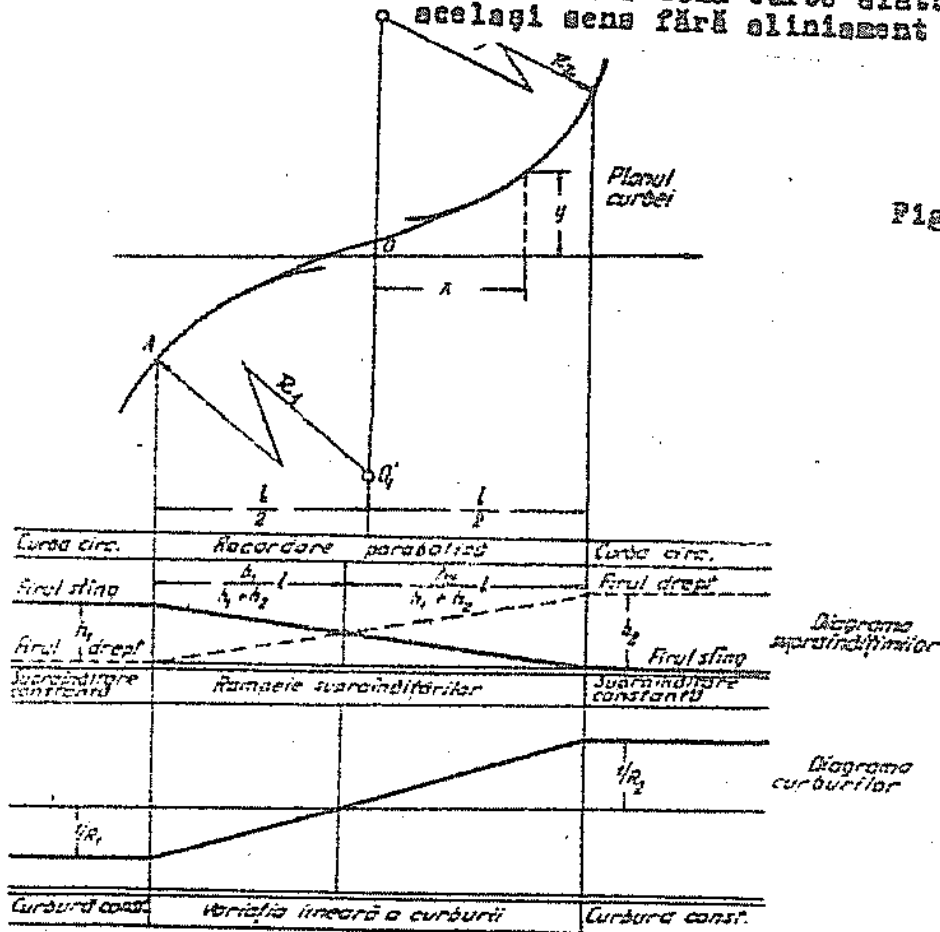


Fig. IV.9. Racordarea a două curbe alăturate îndreptate în sens contrar - fără aliniament intermediar

IV.2. Calculul elementelor liniei în profilul în lung

Profilul în lung al liniei de cale ferată este format din elemente de profil racordate cu curbe de rază mare.

Punctul care reprezintă locul de întâlnire a două elemente de profil vecine poartă numele de schimbător de declivitate.

IV.2.1. Declivitățile profilului în lung

În țara noastră declivitatea se exprimă prin promile.

Exprimarea declivității în promile prezintă două avantaje : stabilește diferența de nivel parcursă în raport cu aceeași distanță (1 km), iar pe de altă parte permite stabilirea cu ușurință a rezistenței la mers suplimentare datorită declivității. Astfel, o declivitate $i = 10,5^{\circ}/\text{oo}$, înseamnă că pe fiecare kilometru parcurs, se urcă sau se coboară cu 10,5 m, iar rezistența suplimentară la mers a trenului datorită declivității este $\pm 10,5 \text{ kgf/tf}$.

Lungimea liniei aflate în declivitate, raportată la lungimea totală a liniei, determină un coeficient care indică gradul de dificultate a traseului. Procentul de linie aflată în declivitate este: 78% în Elveția, 73,5% în Japonia, 64% în URSS, 70% în România.

Valoarea maximă a declivității liniei în profilul în lung este determinată de considerente tehnice și economice.

Sectoarele de linie cu declivități mari prezintă următoarele dezavantaje mai importante :

- reducerea vitezelor de circulație și, în consecință, creșterea timpilor de mers;
- reducerea capacității de circulație și de transport;
- reducerea siguranței în circulație pe pantele mari;
- creșterea cheltuielilor de exploatare datorită consumului mai mare de combustibil;
- cheltuieli suplimentare de întreținere, datorită combaterii pericolului de fugirea șinelor pe declivitățile mari.

Proiectarea și construirea liniei cu declivități mari prezintă avantaje însemnate sub aspectul execuției liniei :

- adaptare mai bună la neregularitățile terenului;

- scurtarea lungimii liniei;
- reducerea volumului lucrărilor de terasamente și a lucrărilor de artă;
- micșorarea cheltuielilor de investiție.

În trecut au fost executate linii cu declivități exagerate: 50°/oo în Elveția, 47°/oo în URSS, 45°/oo în SUA; în țara noastră cea mai mare declivitate de pe linie principală se găsește pe linia București-Craiova-Timișoara între Balota și Simian și reprezintă 29°/oo.

Conform prevederilor RET la construcția de căi ferate noi se admite o declivitate maximă a liniei curente de 15°/oo în regiunile cu profil accidentat și de 4°/oo în celelalte regiuni.

În proiectarea unei linii de cale ferată se pot întâlni diferite feluri de declivități și anume :

- declivitatea caracteristică, i_c ;
- declivitatea caracteristică de trafic, i_{ct} ;
- declivitatea maximă în cazul tracțiunii multiple, i_m ;
- declivitatea (rampa) de inerție, i_i ;
- declivitatea reală, i ;
- declivitatea echivalentă, i_e ;
- declivitatea fictivă i_f ;
- declivitatea medie, i_{med} ;
- declivitatea pagubitoare și declivitatea nepăgubitoare i_p, i_{np} .

Declivitatea caracteristică este declivitatea maximă pe care poate circula un tren în tracțiune (simplă), avînd tonaj complet, cu o viteză constantă și egală cu viteza de calcul.

Declivitatea caracteristică de trafic este declivitatea maximă a liniei în sensul traficului minim, pe care circulă același număr de trenuri și de vagoane ca și în sensul traficului maxim, dar cu tonele mai mici, trenurile fiind remorcate de același tip de locomotivă în ambele sensuri și realizînd pe declivitatea cea mai mare o viteză constantă, egală cu viteza de calcul.

Declivitatea multiplă este aceea declivitate care pentru a putea fi parcursă de către trenuri avînd tonele complete, cu viteze constante egale cu viteza de calcul, necesită remorcarea trenurilor cu multiplă tracțiune.

Declivitatea (rampa) de inerție este o declivitate mai mare ca declivitatea caracteristică pe care un tren o urcă folosind în afară de forța de tracțiune a locomotivei și o parte din energia cinetică, acumulată pe elementele de profil anterioare, viteza micșorîndu-se corespunzător pînă la o valoare minimă admisă pentru circulație.

Declivitatea reală (efectivă) este raportul dintre diferența de nivel a două puncte din axa căii aparținînd aceluiași element de profil și proiecția pe orizontală a distanței dintre cele două puncte.

Declivitatea echivalentă cu rezistența suplimentară dată de curbă sau pe scurt, declivitatea echivalentă, este o declivitate care are o rezistență de mers egală cu rezistența produsă de o curbă, adică atâtea procente cîte kilograme forță pe tî reprezintă rezistența curbei.

Declivitatea fictivă sau virtuală este suma algebrică a declivităților efective cu declivitatea echivalentă cu rezistența suplimentară dată de curbă.

Declivitatea medie este declivitatea obținută între două puncte extreme fără a mai lua în considerare elementele de profil intermediare.

Declivitatea păgubitoare, numită și declivitate vătămătoare este acea declivitate care pentru a putea fi parcursă necesită să se intervină cu frinare pentru a nu se depăși viteza maximă admisă. Celelalte declivități, care pot fi parcurse fără să fie necesară forța de frinare se numesc declivități nepăgubitoare sau nevătămătoare.

IV.2.2. Lungimea elementelor de profil

Lungimea elementelor de profil influențează atît condițiile de exploatare cît și condițiile de construcție ale liniei. De aceea, stabilirea unei lungimi raționale pentru fiecare element de profil constituie o problemă importantă în proiectarea unei linii noi sau reconstrucția liniilor existente.

Este evident că, cu cît lungimea elementelor de profil este mai mare, cu atît numărul elementelor de profil devine mai mic. Trecerea trenului de pe un element de profil, cu anumită declivitate, pe alt element de profil, de altă declivitate, atrage după sine modificarea forței de rezistență. Modificarea valorii forței de rezistență are drept consecință, pe de o parte, modificarea valorii forței rezultante ce acționează asupra trenului, ceea ce se resfrînge asupra condițiilor de circulație, iar pe de altă parte, atrage, în unele cazuri, schimbarea regimului de lucru al locomotivei. Aceste inconveniente cresc pe măsură ce schimbările de declivitate se fac mai des și diferența a două declivități vecine este mai mare. Cu alte cuvinte, dificultățile de exploatare sînt cu atît mai mari cu cît lungimea elementelor de profil este mai mică, iar diferența de declivitate a două elemente de profil alăturate este mai mare. De aici se deduce că, pentru a se asigura o circulație a trenurilor în condiții optime, este necesar ca lungimea elementelor de profil să fie cît mai mare; dar, stabilirea unei lungimi mari pentru elementele de profil îngreunează înscrierea liniei la

teren și sporește volumul lucrărilor de terasamente mai ales în regiunile cu un relief montan (Fig. IV.10). De aceea, cu cât lungimea elementelor de profil este mai mică, cu atât este posibilă o înălțare mai bună la teren, iar volumul lucrărilor de terasamente și el unor lucrări de artă este mai mic.

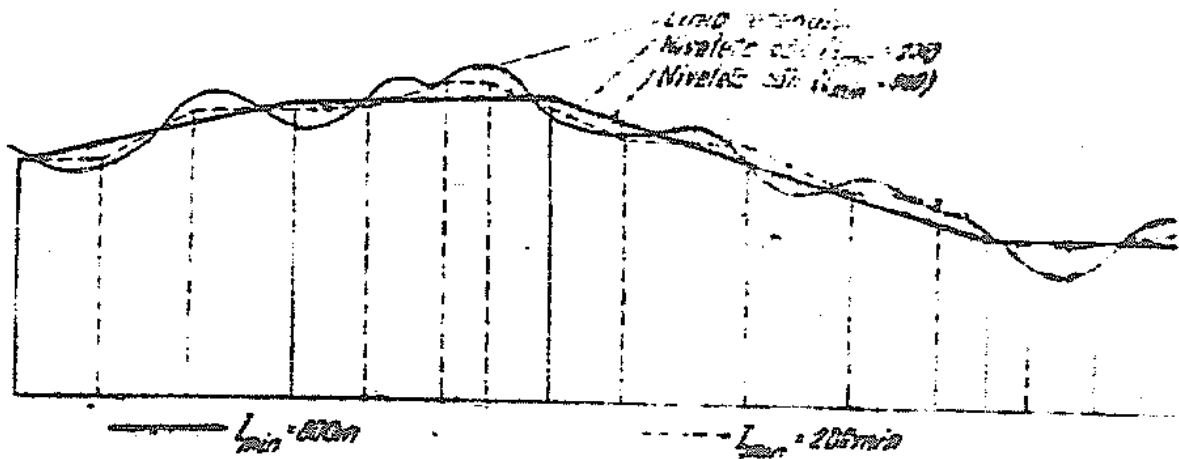


Fig. IV.10. Stabilirea niveletei căii având elementele de profil de diferite lungimi minime

Una dintre problemele importante la elaborarea profilului în lung constă în stabilirea lungimii minime a elementului de profil. Lungimea minimă a elementului de profil este determinată de satisfacerea următoarelor cerințe mai importante :

- asigurarea unui volum mic de lucrări de terasamente ;
- asigurarea recordării cu curbe circulare a elementelor de profil;
- asigurarea circulației trenurilor într-un regim de liniștit.

Influența lungimii minime a elementului de profil asupra volumului lucrărilor de terasamente este prezentată în figura IV.11. Curba obținută, pentru anumite condiții de relief, confirmă reducerea volumului lucrărilor de terasamente pe măsură ce se micșorează lungimea minimă a elementelor de profil.

Lungimea minimă a elementelor de profil este determinată și de condiția

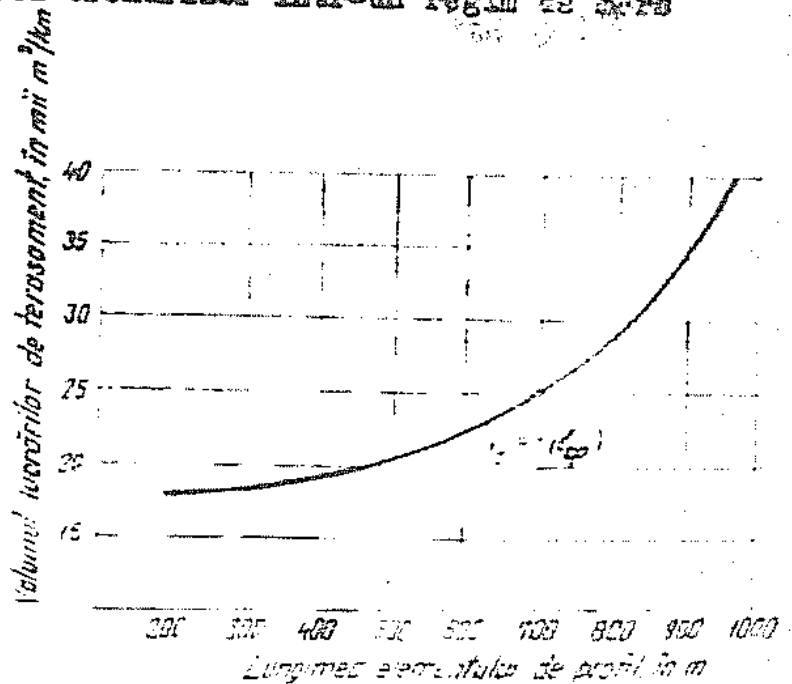


Fig. IV.11. Influența lungimilor minime a elementelor de profil asupra volumului lucrărilor de terasamente

În același timp pe cel mult trei elemente de profil (fig. IV.13 b), ceea ce impune ca lungimea minimă a elementelor de profil să fie mai mare sau cel puțin egală cu jumătate din lungimea trenului. În cazul când această condiție nu este satisfăcută, trenul se află în același timp pe 4-5 elemente de profil (fig. IV.13 c), iar regimul de mers al trenului nu poate fi considerat satisfăcător.

Având în vedere cele mai importante cerințe ce influențează lungimea elementelor de profil, rezultă că lungimea minimă a elementelor de profil, este de dorit să fie mai mare decât lungimea trenului (l_{tr}) sau cel puțin cuprinsă între 200 m și l_{tr} . Lungimea trenului depinde de mărimea rezistenței caracteristice, tipul de locomotivă și tipul de vagoane.

Pentru un anumit tip de material rulant (locomotivă și vagoane) lungimea trenului și deci lungimea minimă a elementelor de profil depinde numai de mărimea rezistenței caracteristice, adică

$$l_{min} = f(r_c)$$

IV.2.3. Racordarea elementelor de profil

Dacă diferența dintre declivitățile a două elemente de profil vecine este mare, la trecerea trenului peste schimbătorul de declivitate se produce modificarea eforturilor în aparatele de tracțiune și totodată supraîncărcarea unor osii și descărcarea altora (fig. IV.14).

Pentru micșorarea efectului acestor inconveniente se racordează elementele de profil.

Racordarea elementelor de profil se poate face în două moduri:

- prin curbe circulare de raze foarte mari, între

2.000 - 20.000 m, în funcție de categoria liniei (fig. IV.15);

- prin intercalarea între două elemente de profil de declivitate i_1 și i_2 a unui

număr oarecare de elemente intermediare de lungime 25 ... 75 m, cu declivități cuprinse între i_1 și i_2 și care se deosebesc ca mărime cu 1‰ (fig. IV.16).

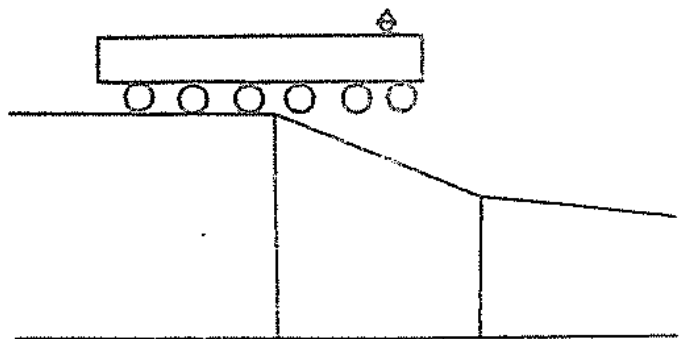


Fig. IV.14. Trecerea materialului rulant de pe un element de profil pe altul neracordate în plan vertical

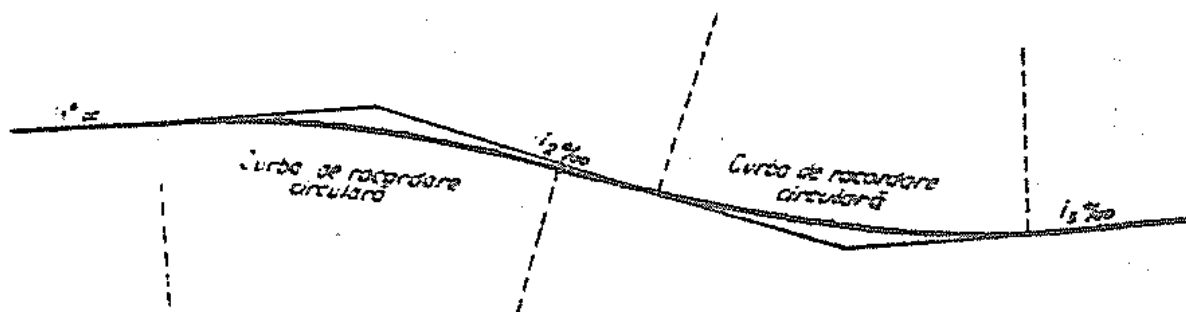


Fig. IV.15. Racordarea elementelor de profil prin curbe circulare

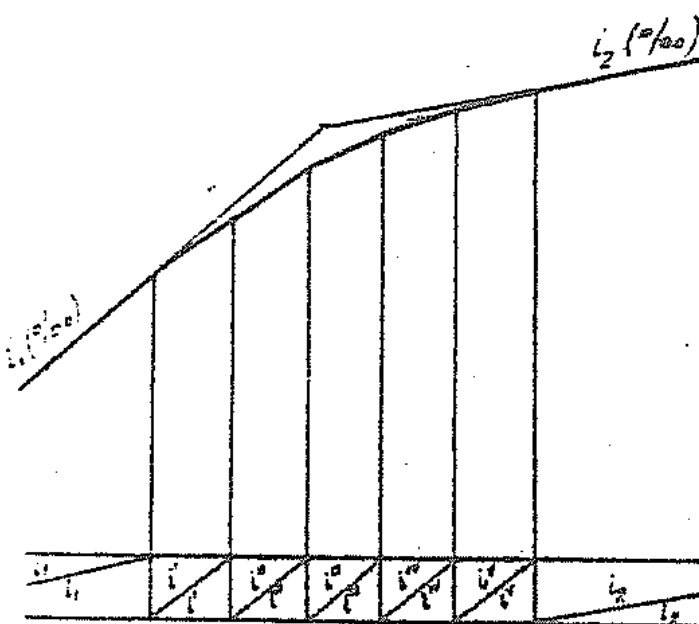


Fig. IV.16. Racordarea elementelor de profil prin intercalarea unor elemente de profil intermediare

Racordarea prin curbe circulare permite trecerea fără greutate a curbelor precum și o întreținere ușoară a acestora. Racordarea elementelor de profil prin intercalarea unor elemente intermediare este preferată la circulația trenurilor cu viteze mari.

În țara noastră racordarea elementelor de profil alăturate se face prin curbe circulare de rază :

10.000 m pentru liniile principale;

5.000 m pentru liniile secundare;

2.000 m pentru liniile industriale.

Pe liniile din stații și chiar pe linia curentă în imediata vecinătate a stațiilor, în cazuri bine justificate, se poate reduce raza curbei de racordare verticală pentru primele două categorii la 5.000 m respectiv la 2.000 m.

Elementele geometrice ale curbei circulare de racordare a elementelor de profil sînt următoarele :

- raza curbei (R),
- tangenta racordării (T),
- lungimea curbei (L).

Valorile elementelor geometrice ale curbei de racordare din profilul în lung rezultă din figura IV.17.

Tangenta racordării :

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (\text{IV.7})$$

Deoarece tangenta unghiului α este diferența celor două declivități

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{i_1 - i_2}{1000} \quad (\text{IV.8 a})$$

și are valori foarte mici, se poate asimila tangenta trigonometrică a unghiului cu unghiul, iar expresia tangentei de racordare devine :

$$T = \frac{1}{2} R \frac{i_1 - i_2}{1000} \quad (\text{IV.8 b})$$

sau

$$T = \frac{R}{2000} \Delta i \quad [\text{m}] \quad (\text{IV.8 c})$$

în care :

Δi este diferența algebrică dintre valorile declivităților a două elemente de profil alăturate, numită pe scurt "diferență de declivitate", exprimată în promile.

Lungimea tangentei de racordare a elementelor de profil devine:

$$T = 5 \cdot \Delta i \text{ metri, pentru curba cu } R = 10.000 \text{ m} \quad (\text{IV.9})$$

$$T = 2,5 \Delta i \text{ metri, pentru curba cu } R = 2.000 \text{ m} \quad (\text{IV.10})$$

Lungimea curbei de racordare a elementelor de profil numită și curbă de racordare în plan vertical, se consideră, cu oarecare aproximație, egală cu dublul tangentei de racordare :

$$L \approx 2 \cdot T \quad (\text{IV.11})$$

Pentru stabilirea punctelor intermediare ale curbei de racordare a elementelor de profil se determină segmentele y (ordonatele acestor puncte) pentru diferite valori ale abscisei x , măsurate de la începutul curbei de racordare. Din figura IV.17, rezultă :

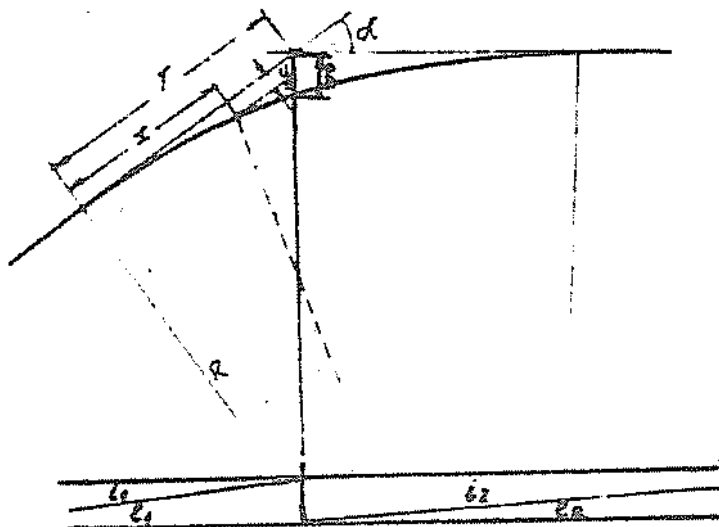


Fig. IV.17. Elementele geometrice ale curbei de racordare a elementelor de profil

$$(R + y)^2 = R^2 + x^2,$$

Dată fiind valoarea foarte mică a lui y^2 , în comparație cu x^2 , se poate scrie :

$$y = \frac{x^2}{2R}$$

(IV.12 a)

Valoarea maximă a ordonatei se obține în dreptul schimbătorului de declivitate, adică pentru $x = T$. Rezultă că :

$$y_{\max} = h = \frac{T^2}{2R}$$

(IV.12 b)

Dacă declivitățile elementelor de profil au valori apropiate, atunci și diferențele de declivitate sînt mici; în această situație rezultă pentru ordonatele maxime în dreptul schimbătoarelor de declivitate valori mici, din care cauză pot fi neglijate. Practic, dacă diferența algebrică între declivitățile racordate are valori mici, nu mai este necesară racordarea lor prin curbe circulare. Din acest motiv se recomandă ca în cazurile cînd $\Delta i \leq 3\text{‰}$ să nu se mai construiască curbe circulare pentru racordarea elementelor de profil. În cazul cînd $\Delta i > 3\text{‰}$, elementele de profil se racordează prin curbe circulare.

Racordarea elementelor de profil prin curbe circulare atrage modificarea cotelor platformei liniei. Cotele modificate se calculează în ultima fază de proiectare a liniei și anume în faza de elaborare a proiectului de execuție.

IV. 3. Prescripții tehnice pentru proiectarea liniei în planul de situație și în profilul în lung

Experiența acumulată în proiectarea, construirea și exploatarea căilor ferate, precum și rezultatele valoroase obținute în urma studiilor teoretice și a cercetărilor experimentale efectuate în legătură cu problemele planului de situație și ale profilului în lung, au permis elaborarea normelor tehnice, în vederea întocmirii planului de situație și a profilului în lung.

Regulile și norme privind elaborarea planului de situație și a profilului în lung sînt numeroase și variate.

Acestea au fost stabilite pornind de la satisfacerea principalelor cerințe ale liniei : siguranța circulației trenurilor, circulație neîntreruptă, satisfacerea cerințelor tehnice și economice.

Asigurarea circulației trenurilor în condițiile unei circulații neîntrerupte depinde în mare măsură de satisfacerea cerințelor tehnice și economice și deci aplicarea corectă a prescripțiilor tehnice la elaborarea planului de situație și a profilului în lung.

Prescripțiile tehnice sînt un ansamblu de date și de condiții cu caracter tehnico-economic, ce trebuie să fie respectate în proiectarea, execuția și recepționarea unei lucrări, avînd drept scop stabilirea unei linii obligatorii de rezolvare optimă și unitară a problemelor tehnice și economice. Prescripțiile tehnice sînt cuprinse în: standarde, normative, norme interne departamentale, instrucțiuni tehnice, condiții tehnice speciale, fișe tehnologice și proiecte tip.

Între planul de situație și profilul în lung al liniei există o strînsă interdependență de care trebuie să se țină seama la soluționarea principalelor probleme privind proiectarea liniei, cum ar fi :

- stabilirea poziției schimbătoarelor de declivitate;
- reducerea declivității în curbe și în tuneluri;
- asigurarea liniei împotriva pericolului de rupere al trenurilor;
- traversarea cursurilor de ape curgătoare și a căilor de comunicații;
- asigurarea scurgerii și evacuării apelor de suprafață;
- traversarea regiunilor inundabile;
- proiectarea liniilor ferate în regiunile supuse înzăpezirii;

IV.3.1. Stabilirea poziției schimbătoarelor de declivitate

Elementele din profilul în lung se racordează printr-o curbă arc de cerc iar între aliniamentele și curbele circulare din planul de situație se intersalează curbe de racordare; suprapunerea acestor două curbe determină o curbă în spațiu, care pune probleme de mare dificultate la proiectare, execuție, întreținere, dar mai ales la exploatare la înserierea materialului rulant.

Crearea unor condiții favorabile pentru trasarea, executarea, întreținerea și exploatarea curbelor de racordare în profilul în lung precum și a celor din planul de situație face necesar să se evite, pe cît posibil, suprapunerea acestor curbe; adică curba de racordare din planul de situație este de dorit să se găsească pe un singur element de profil.

Pentru satisfacerea acestei cerințe, distanța de la schimbătorul de declivitate cel mai apropiat pînă la începutul curbei de racordare (L_{AR}), trebuie să fie mai mare sau cel puțin egală cu tangenta curbei circulare din planul vertical (fig. IV.18), adică :

- pentru liniile principale :

$$L_{AR} \geq 5 \cdot \Delta i$$

[m]

(IV.13.a)

pentru liniile secundare :

$$L_{AR} \geq 2,5 \Delta i$$

[m]

(IV.13 b)

în care:

Δi este diferența algebrică dintre valorile declivităților racordate, în ‰

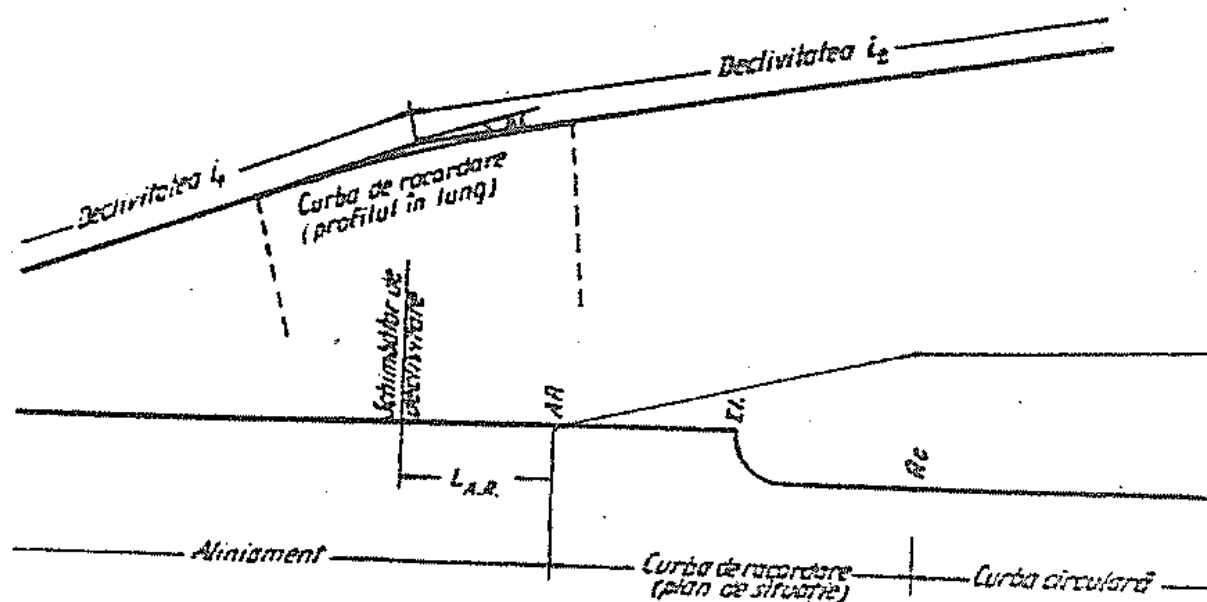


Fig. IV.18. Amplasarea schimbătoarelor de declivitate în raport cu curba cu racordare din planul de situație

În cazul în care pe profilul în lung sînt figurate numai curbele circulare din planul de circulație, pentru satisfacerea cerinței de mai sus, distanța de la schimbătorul de declivitate cel mai apropiat pînă la începutul curbei circulare din planul de situație (L_{TI}) trebuie să fie mai mare sau cel puțin egală cu tangenta curbei circulare din planul vertical la care se adaugă jumătate din lungimea curbei de racordare din planul de situație (fig. IV.19), rezultă :

- pentru liniile principale

$$L_{TI} \geq 5 \cdot \Delta i + \frac{LR}{2} \quad [m]$$

(IV.14 a)

- pentru liniile secundare :

$$L_{TI} \geq 2,5 \cdot \Delta i + \frac{LR}{2} \quad [m]$$

(IV.14 b)

în care:

LR - este lungimea curbei de racordare din planul de situație în m

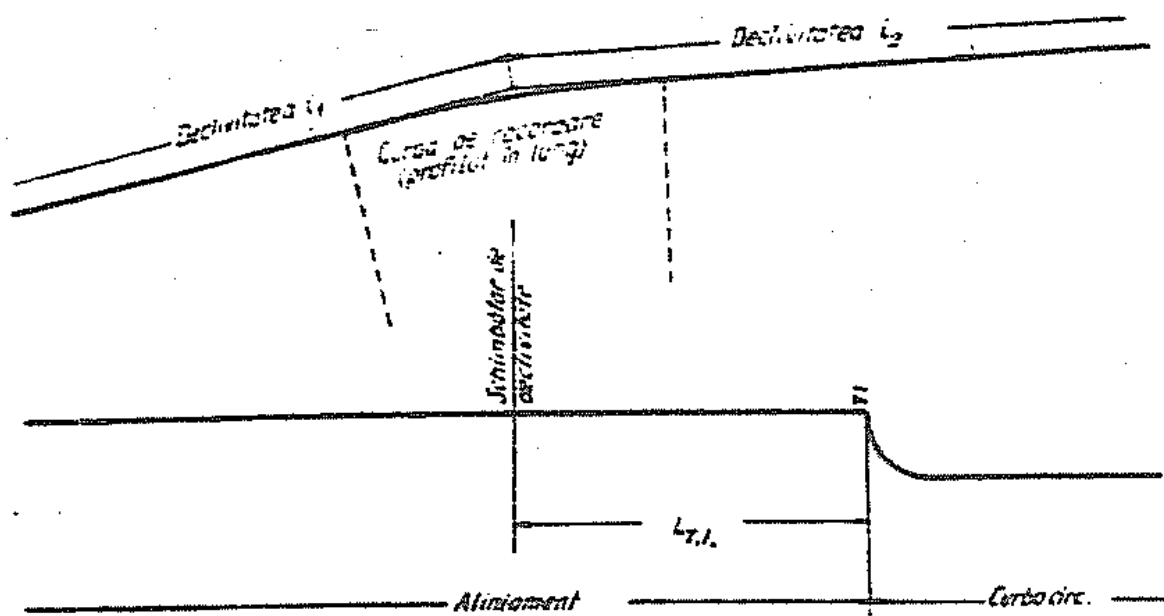


Fig. IV.19. Amplasarea schimbătoarelor de declivitate în raport cu curba circulară din planul de situație

Suprapunerea curbei de racordare a elementelor de profil din planul vertical cu curba circulară din planul de situație nu produce dificultăți însemnate la trasarea, executarea și întreținerea acestor curbe, datorită faptului că firul exterior are o supraînălțare constantă pe toată lungimea curbei circulare. Din acest motiv, în cazuri bine justificate, se admite amplasarea schimbătoarelor de declivitate în interiorul curbei circulare, cu condiția ca curba circulară din profilul în lung să nu se suprapună cu curba de racordare din planul de situație.

În figura IV.20, este prezentată schematic amplasarea schimbătoarelor de declivitate, în raport cu planul de situație. Pe sectoarele l_1 și l_2 nu este admisă amplasarea schimbătoarelor de declivitate. În mod excepțional schimbătoarele de declivitate pot fi amplasate și în curba circulară, dar numai pe porțiunea MN, dacă prin aceasta se obține o reducere a volumului lucrărilor de construcții.

În cazul în care diferența algebrică a două declivități alăturate este mai mică sau cel mult egală cu 3‰ , elementele de profil nu se mai racordează prin curba circulare și în consecință, schimbătorul de declivitate poate fi amplasat fără să se țină seama de poziția liniei în planul de situație.

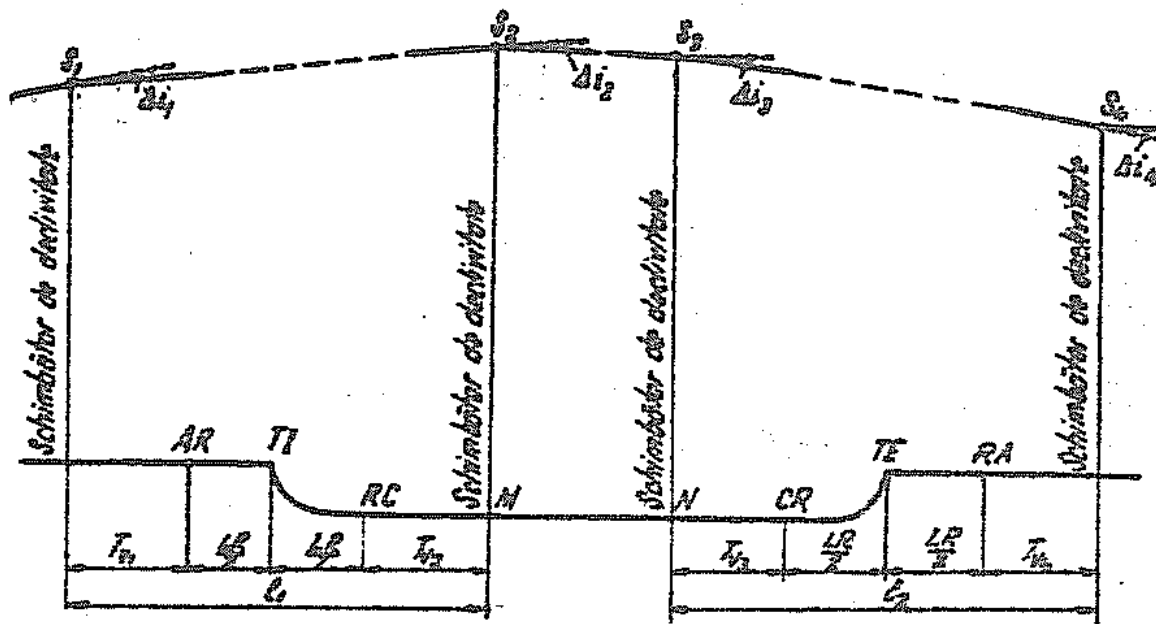


Fig. IV.20. Amplasarea schimbătoarelor de declivitate în raport cu situația liniei în plan orizontal

IV.3.2. Reducerea declivității în curbe și în tuneluri

Tenajul trenului rezultă din condiția ca pe declivitatea cea mai mare (declivitatea caracteristică) trenul să circule într-o mișcare uniformă cu o viteză constantă și egală cu viteza de calcul.

Dacă această porțiune de linie se află într-o curbă, atunci rezistența totală la mers a trenului crește cu valoarea rezistenței dată în curbă, ceea ce are drept consecință scăderea vitezei de circulație sub viteza de calcul. De aceea pe sectoarele de linie unde curbele din planul de situație coincid, ca amplasare, cu declivitatea caracteristică din profilul în lung, declivitatea liniei trebuie să fie micșorată cu o declivitate echivalentă cu valoarea rezistenței date de curbă. Declivitatea reală a traseului trebuie să satisfacă condiția :

$$i \leq i_0 - i_e$$

în care :

i_e este declivitatea echivalentă, adică o declivitate care are o rezistență la mers echivalentă cu rezistența dată de curbă.

La reducerea declivității datorită curbelor se deosebesc trei cazuri :

1. Pe elementul de profil se află amplasată o singură curbă cu o lungime mai mare sau cel puțin egală cu lungimea trenului. În acest caz declivitatea redusă se determină cu relația :

$$i_r = i - \frac{650}{R-35}$$

$$[‰]$$

$$(IV.15)$$

în care:

i_r este declivitatea redusă, în ‰;

i - declivitatea inițială, care poate fi declivitatea caracteristică, declivitatea caracteristică de trafic sau declivitatea maximă în cazul tracțiunii multiple, în ‰;

R - raza curbei circulare, în m.

2. Pe elementul de profil se află amplasată o singură curbă care are o lungime mai mică decât lungimea trenului. Deoarece o parte din tren se află în aliniament, rezistența datorită curbei se micșorează proporțional cu raportul dintre lungimea curbei și lungimea trenului. Declivitatea redusă se obține, fie din relația :

$$i_r = i - \frac{650}{R-55} \cdot \frac{l_c}{l_{tr}} \quad [‰] \quad (IV.16 a)$$

fie din relația:

$$i_r = i - \frac{12\alpha}{l_{tr}} \quad [‰] \quad (IV.16 b)$$

în care :

l_c - lungimea curbei, în m;

l_{tr} - lungimea trenului, în m; dacă lungimea elementului de profil (l_{ep}) pe care se află declivitatea caracteristică este mai mică decât lungimea trenului (l_{tr}), atunci în relațiile de mai sus l_{tr} se va înlocui cu l_{ep} ;

α - unghiul la centru al curbei, în grad.

3. Pe elementul de profil sînt amplasate mai multe curbe scurte. Declivitatea redusă se determină cu relația :

$$i_r = i - \frac{12 \sum \alpha}{l_{tr}} \quad [‰] \quad (IV.17)$$

în care:

$\sum \alpha$ = este suma unghiurilor la centru ale curbelor aflate pe o lungime egală cu lungimea trenului.

Întocmai ca și în cazul unei singure curbe, dacă lungimea elementului de profil pe care se află declivitatea caracteristică este mai mică decât lungimea trenului, atunci în relația (IV.17) lungimea trenului se va înlocui cu lungimea elementului de profil.

Declivitățile profilului în lung trebuie reduse în unele cazuri cînd linia trece prin tunel. Reducerea declivității profilului în lung în tunel este impusă de:

- creșterea rezistenței la mers a trenului în tunel, ca urmare a creșterii rezistenței datorită presiunii aerului;

- micșorarea coeficientului de aderență între roțile locomotivei și șină, ca urmare a umidității mai ridicate din tunel.

Valoarea rezistenței în tuneluri nu trebuie să depășească valoarea maximă a rezistenței liniei pe sectoarele de linie la zi înmulțită cu coeficientul subunitar dat în tabelul IV.1.

Coeficienții de reducere a rezistenței liniei pe sectoarele situate în tunel.

Tabelul IV.1

Lungimea tunelului [m]	Tuneluri uscate și ventilate pe linii cu tracțiune cu abur sau cu locomotive diesel, precum și toate tunelurile cu tracțiune electrică	Tuneluri umede și neventilate pentru tracțiune cu abur sau cu locomotive diesel
De la 300 - 1000	0,90	0,85
De la 1000 - 3000	0,85	0,80
Peste 3000	0,80 - 0,75	0,75 - 0,70

Tunelurile mai scurte de 300 m pot fi proiectate fără nici o reducere a rezistenței liniei în tunel, deoarece în aceste tuneluri atât creșterea rezistenței datorită aerului cât și micșorarea coeficientului de aderență dintre roțile locomotivei și șină au valori neînsemnate.

Rezistența redusă se adoptă atât în limitele tunelului cât și la accesul spre tunel pe o lungime egală cu lungimea trenului, dacă accesul spre tunel este în rampă (fig. IV.21). Necesitatea de a reduce rezistența liniei pe rampă de acces la tunel se explică prin micșorarea coeficientului de aderență dintre roțile motoare ale locomotivei și șină în momentul intrării locomotivei în tunel, în timp ce restul trenului se găsește încă în afara tunelului; în consecință, pentru a

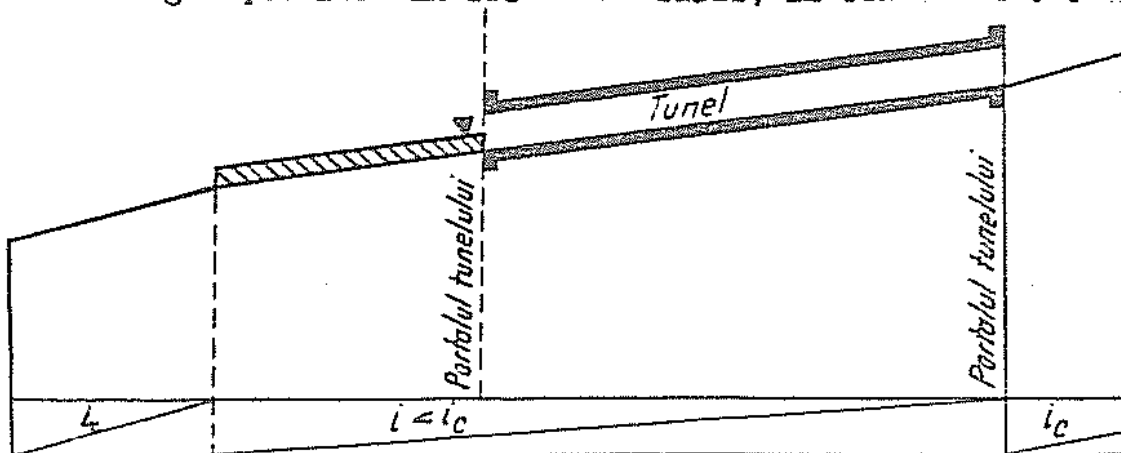


Fig. IV.21. Reducerea rezistenței liniei în tunel și pe rampa de acces în tunel

să evita ca viteza de circulație să scadă sub viteza de calcul, se recomandă reducerea rezistenței liniei pe rampa de acces la tunel.

În tuneluri nu se admit paliere, acestea trebuind să fie înlocuite prin declivități, fie într-o singură direcție, fie în ambele direcții, având valoarea minimă de $2^{\circ}/\text{oo}$.

IV .3.3. Asigurarea liniei împotriva pericolului de rupere a trenurilor

Pe liniile cu anumită configurație a profilului în lung, siguranța circulației trenurilor poate fi periclitată de ruperea trenurilor. Pericolul cea mai mare de rupere a trenului se ivește pe profilurile care fac necesară schimbarea regimului de lucru al locomotivei, ceea ce are drept consecință schimbarea sensului eforturilor în aparatele de tracțiune.

Configurațiile profilului în lung periculoase sub aspectul ruperii trenurilor sînt următoarele :

- adînciturile profilului (gropile) formate din declivități păgubitoare, îndreptate în sensuri contrarii ;
- spinările profilului cu declivități mari la capete îndreptate în sensuri contrarii ;
- treptele profilului, adică palierele sau elemente de profil cu declivități foarte mici (sub $4^{\circ}/\text{oo}$) intercalate între declivități mari, îndreptate în același sens.

În scopul de a mări siguranța circulației, la proiectarea profilului în lung se urmărește reducerea diferenței algebrice între două declivități alăturate, prin introducerea unor elemente de profil cu declivități intermediare.

Practica exploatării căilor ferate a arătat că pericolul de rupere a trenurilor este mai redus în cazurile în care linia cuprinde numai declivități nepăgubitoare. Aceasta se explică prin faptul că eforturile din aparatele de tracțiune au întotdeauna același sens, aparatele de tracțiune rămînînd întotdeauna întinse.

Pentru a împiedica ruperea trenurilor pe sectoarele de linie curbată, se vor introduce elemente de profil cu declivități de tranziție, astfel ca diferența algebrică între declivitățile a două elemente de profil alăturate (Δi) să îndeplinească condițiile :

$\Delta i \leq \frac{1_0}{2}$, cînd declivitățile sînt păgubitoare (IV.18 a)

$\Delta i \leq 1_0$, cînd declivitățile sînt nepăgubitoare (IV.18 b)

Diferențierea declivităților păgubitoare de declivități nepăgubitoare se obține prin construirea diagramei vitezelor în funcție de spațiu, în ambele sensuri. La proiectarea profilului în lung, se poate stabili natura declivităților, cu oarecare aproximație, și fără construirea curbei vitezei în funcție de spațiu, pe baza următoarelor criterii:

- declivități nepăgubitoare sînt toate declivitățile mai mici de $4^{\circ}/\text{oo}$, indiferent de lungimea lor, precum și declivitățile mai mari de $4^{\circ}/\text{oo}$ în cazul cînd diferența de nivel coborîtă este mai mică sau cel mult egală cu 10 m;
- declivitățile păgubitoare sînt declivități mai mari de $4^{\circ}/\text{oo}$ indiferent de lungimea lor, cu condiția ca diferența de nivel coborîtă să fie mai mare de 10 m.

Măsurile de eliminare a pericolului de rupere a trenurilor se iau pentru ambele sensuri de circulație a trenurilor; deci și natura declivității (păgubitoare, nepăgubitoare) se determină separat pentru fiecare sens de circulație.

Dacă rezistența caracteristică este mai mică decît 8 kgf/tf, atunci diferența algebrică între valorile a două declivități alăturate (Δi) poate depăși limita indicată mai sus ($0,5 \cdot 1_0$), cu condiția ca declivitatea fiecăruia din elemente să nu fie mai mare ca mărimea limită a declivității păgubitoare.

Se recomandă ca lungimea minimă a elementelor de profil cu declivități de tranziție să fie egală cu lungimea trenului. În condiții grele, lungimea minimă a elementelor de profil cu declivități de tranziție poate fi redusă la jumătate din lungimea trenului, cu condiția ca elementele de profil intercalate să aibă o lungime de cel puțin 200 m.

IV.3.4. Traversarea cursurilor de ape curgătoare și a căilor de comunicație

La traversarea cursurilor de ape curgătoare se proiectează și se construiesc poduri și podețe. În apropierea acestor lucrări de artă planul de situație și profilul în lung al liniei trebuie astfel proiectate încît: să asigure scurgerea neîntreruptă a apelor, să elimine pericolul de inundare a terasamentelor și să asigure condiții bune pentru construirea și exploatarea liniei.

Se recomandă ca la elaborarea planului de situație, trecerea peste podurile mai importante să fie proiectată în aliniament și perpendicular pe direcția cursului de apă. În ce privește profilul în lung, este de dorit ca trecerea peste lucrările de artă linie să fie în palier.

La proiectarea liniei la traversarea cursurilor de ape curgătoare se vor respecta următoarele indicații privind planul de situație și profilul în lung al liniei :

a/. Podurile și podețele să se proiecteze, obișnuit, normal pe cursul apelor. Așezări oblice se vor admite numai când condițiile locale de înscriere a traseului impun o trecere oblică și lipsește posibilitatea de a modifica cursul apei curgătoare.

b/. Podurile și podețele (boltite, tubulare și dalate), la care linia este așezată pe balast, pot fi amplasate în curbă și declivitate.

c/. Podurile care nu au calea așezată pe balast se vor amplasa pe cât este posibil în aliniament și în palier. Amplasarea acestor poduri în curbe cu raze mai mici de 1000 m, sau în declivități mai mari de 4‰, atunci când podul are deschideri mai mari de 40 m sau lungimea totală mai mare de 100 m, se admite numai pe baza unei justificări tehnic-economice.

d/. Curbele de racordare a elementelor de profil și curbele de racordare a aliniamentelor vor începe sau se vor sfârși la cel puțin $\frac{V}{3}$ metri înaintea sau după podurile care nu au calea așezată pe balast (V - reprezintă viteza maximă în km/h).

Această indicație se va aplica pe cât este posibil și la podurile cu calea așezată pe balast. Se recomandă evitarea schimbărilor de declivități și trecerea de la aliniamente la curbe pe poduri, cu scopul de a asigura un regim liniștit de mișcare a trenurilor. Din acest motiv se preferă așezarea podurilor și podețelor în întregime în curbă sau pe aceeași declivitate.

Pentru asigurarea scurgerii fără întrerupere a apelor dintr-o parte în cealaltă a liniei, precum și pentru a se evita pericolul de inundare a terasamentelor, înălțimea minimă a rambleului, în dreptul podurilor trebuie să satisfacă condiția :

$$H_r \geq h + a + b \quad (IV.19 a)$$

în care:

h - este înălțimea de la fundul albiei a apelor catastrofale, ținând seama de ramuuri ,

- a - înălțimea de la nivelul apelor catestrofele pînă la partea inferioară a tablierului sau a bolții la cheie și este

$$a = 0,25 \text{ m} ;$$

- b - distanța de la partea inferioară a tablierului sau a bolții la cheie pînă la nivelul platformei căii.

La podurile amplasare pe cursuri de apă navigabile se vor asigura sub pod gabaritele oficiale.

Traversarea liniei ferate proiectate cu alte căi ferate, linii de tramvai sau drumuri, se face la același nivel sau la nivele diferite în funcție de categoria căii de comunicație și intensitatea circulației. Este de dorit ca, pentru siguranța circulației, liniile de mare trafic să traverseze căile de comunicații existente la nivele diferite fie trecînd pe deasupra acestora (pasaaj inferior) fie pe dedesubtul lor (pasaaj superior). Pentru realizarea trecerii la nivele diferite este necesară proiectarea unui pod de înărușare.

La traversarea denivelată înălțimea minimă a rambleului sau adîncimea minimă a debleului se stabilesc în funcție de gabaritul de circulație, înălțimea de construcție și grosimea stratului de balast.

Înălțimea minimă a rambleului la trecerea denivelată (pasaaj inferior) se obține din relație :

$$H_p \geq h + c - b \quad (\text{IV.19 b})$$

în care:

- h - este înălțimea gabaritului măsurată de la nivelul șinelor liniilor existente sau a liniilor de tramvai, de la nivelul apelor din canalele navigabile, de la nivelul părții carosabile
c - înălțimea de construcție adică distanța măsurată de la cel mai jos punct al construcției pînă la nivelul tălpii traverselor;
b - grosimea stratului de balast al liniei proiectate.

Înălțimea gabaritului depinde de categoria căii de comunicație și de materialul de construcție a pasajului și rezultă din tabelul IV.2.

Adîncimea minimă a debleului liniei la trecerea pe sub căile de comunicație existente se stabilește în mod analog.

Tabehl IV.2

Inălțimea gabaritului la traversările denivelate

Calea de comunicație	Inălțimea gabaritului, în m.
Căi ferate ale căror pasaje sînt executate din:	
- materiale rezistente la foc	5,55
- lemn	6,4
- lemn protejat contra incendiului. . .	6,0
Căi ferate electrice	6,125
Linii de tramvai	4,5
Canale, cursuri de apă curgătoare.	3,5 - 13,5
Drumuri	4,5

Este de dorit ca traversarea căilor de comunicație, să fie făcută perpendicular pe axele acestora, iar lucrările necesare traversării să fie executate în aliniament și palier. În felul acesta se obțin pasaje economice din punct de vedere al cheltuielilor de construcție. Dacă traversarea perpendiculară a căilor de comunicații existente se obține numai prin modificarea orientării liniei, ceea ce de regulă, atrage după sine lungirea liniei și majorarea cheltuielilor de construcții, se admite ca traversările să fie făcute și sub un unghi mai mic de 90° .

Traversarea la același nivel, numită și trecere de nivel, se admite la încrucișarea dintre o linie secundară și un drum de importanță redusă. Pentru prevenirea accidentelor, la trecerile de nivel este necesară asigurarea unor condiții bune de vizibilitate, precum și instalarea unor semnale de prevenire, atât pentru șoferii de pe locomotive, cît și pentru conducătorii de vehicule.

IV.3.5. Asigurarea colectării și evacuirii apelor de suprafață

Colectarea și îndepărtarea apelor de suprafață se face prin șanțuri de scurgere și șanțuri de apărare (de gardă).

Șanțurile de scurgere se construiesc în debleuri lângă platformă.

În cazul în care calea se află în debleu și în palier, pentru îndepărtarea apelor este necesar ca șanțurile să fie proiectate cu o înclinare minimă de $2^{\circ}/\text{oo}$, care să asigure scurgerea apelor.

Realizarea înclinării necesare pentru scurgerea apelor se obține adâncind treptat șanțurile spre capetele debleului ceea ce strage sporirea volumului lucrărilor de terasamente cu cât lungimea căii în palier este mai mare. Pentru reducerea volumului de terasamente se recomandă să se evite proiectarea liniei în palier atunci când lungimea debleului este mai mare de 400 m.

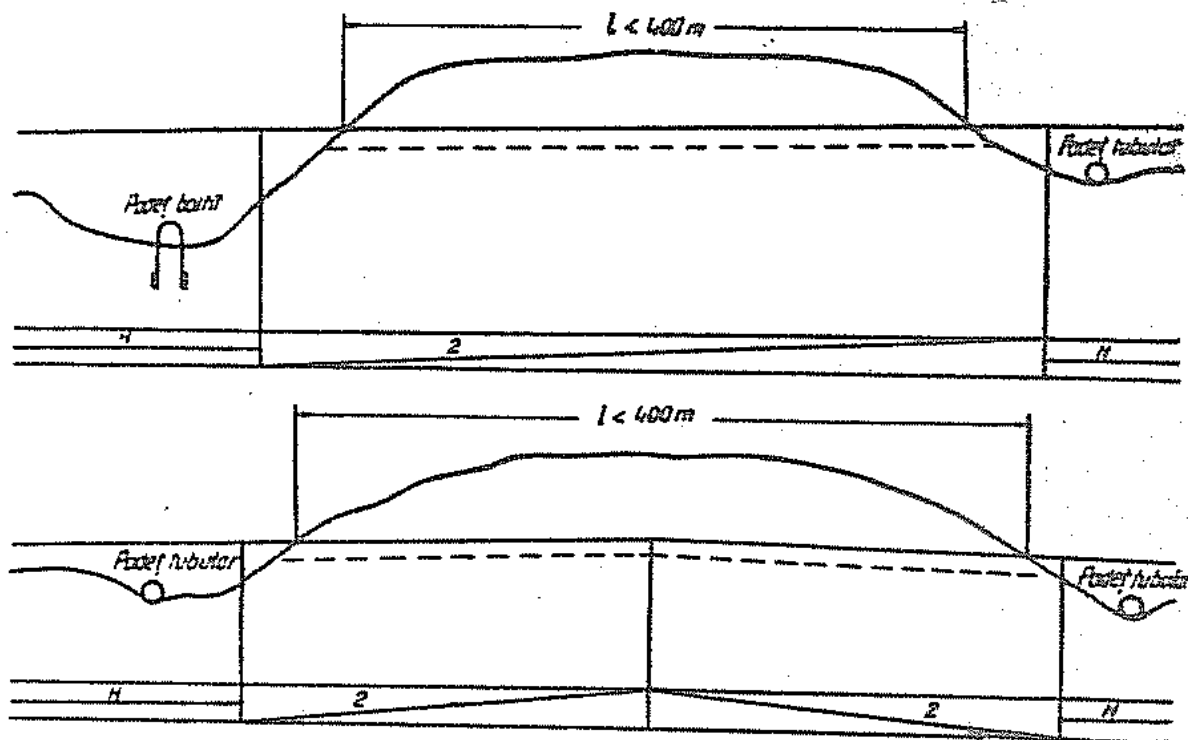


Fig. IV.22. Proiectarea niveletei în debleuri lungi

Când debleurile se întind pe lungimi mari (peste 400 m) calea se proiectează într-o declivitate de 2‰. În funcție de condițiile locale, declivitatea poate fi îndreptată fie într-un sens fie în sensuri contrarii (fig. IV.22).

Șanțurile de apărare (de gardă) au rolul de a colecta apele de pe versant (coastă) și de a le conduce în lungul căii, la punctele de descărcare, în scopul de a proteja taluzurile de degradare de către apele de suprafață.

Date detaliate pentru colectarea și evacuarea apelor de suprafață se găsesc în STAS 3197/1-1971 și 3197/2-1971.

IV.3.6. Proiectarea liniilor ferate în regiunile inundabile și în regiunile expuse înzăpezirii

Proiectarea liniilor ferate în regiunile inundabile. Când traseul trece prin albia majoră a unui curs de apă, forma profilului căii se stabilește prin proiecte speciale. Pentru a împiedica

inundarea căii pe sectoarele de linii situate în regiunile inundabile, nivelul platformei căii se proiectează astfel ca întotdeauna să rămână cu minimum 0,5 m deasupra nivelului apelor catastrofale, ținând seama și de valuri (fig. IV.23).

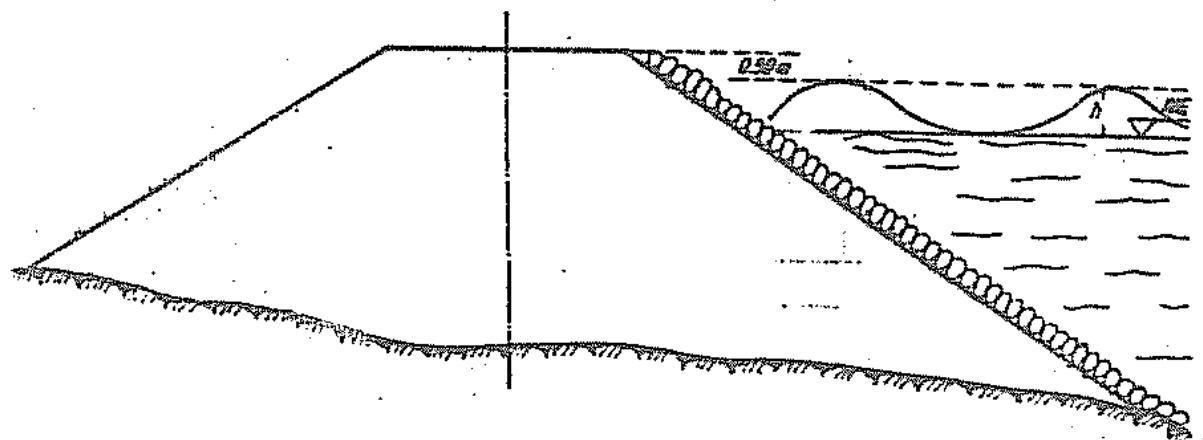


Fig. IV.23. Înălțimea minimă a platformei căii în regiunile inundabile

Realizarea acestor prescripții se obține prin înălțarea nivelului căii în profilul în lung. Uneori înălțarea platformei căii deasupra nivelului apelor catastrofale se obține în condiții mai avantajoase, prin modificarea totodată și a poziției axei căii în planul de situație.

Proiectarea căilor ferate în regiunile expuse înzăpezirii

Inzăpezirea liniilor depinde de configurația regiunii, intensitatea căderilor de zăpadă, viteza și direcția vântului în raport cu orientarea liniei. Se înzăpezesc cu multă ușurință sectoarele de linie aflate în debleuri de mică adâncime (până la 2 m) și în ramblee de mică înălțime (mai mici decât grosimea maximă a stratului de zăpadă). Sectoarele de linie aflate în debleuri adânci se înzăpezesc mai rar, dar în schimb, dezăpezirea lor se face cu mare greutate.

În regiunile supuse înzăpezirilor se recomandă:

- la stabilirea poziției liniei în plan să se folosească obstacolele naturale și plantațiile existente, astfel ca acestea să servească drept parazăpezi;
- evitarea sectoarelor de linii situate în debleuri mai lungi de 1,5 km;
- evitarea în regiunile de gheață a sectoarelor de linii în debleu;
- la debleurile până la 2 m adâncime, săpătura să se deschidă până la lățimea de cel puțin 10 m de o parte și alta a căii, până la

marginea superioară a taluzurilor dînd acestora înclinarea corespunzătoare (fig. IV.24)

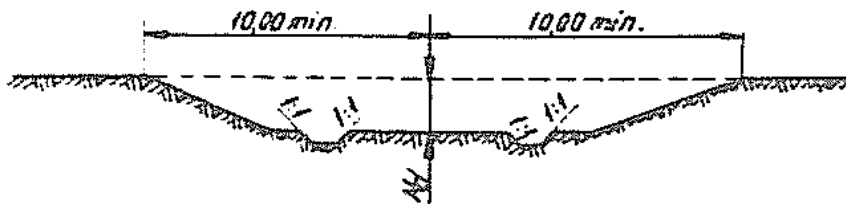


Fig. IV.24. Proiectarea debleurilor mici ($H_d < 2$ m) în regiuni expuse înzăpezirilor

- înălțimea minimă a rambleului se va lua egală cu cea mai mare grosime medie anuală a stratului de zăpadă din regiune, însă nu mai mică de 0,50 m.

IV.4. Amplasarea punctelor de secționare și proiectarea liniei în punctele de secționare

IV.4.1. Considerații generale privind amplasarea punctelor de secționare.

În raport cu felul operațiilor ce pot fi efectuate, punctele de secționare se clasifică în două grupe :

- puncte de secționare cu dezvoltare de linii,
- puncte de secționare fără dezvoltare de linii.

Prima grupă cuprinde acele puncte de secționare care, pentru a permite efectuarea unor operații comerciale și tehnice, necesită construirea unor platforme speciale pentru așezarea liniilor. Această grupă cuprinde: stațiile și haltele de mișcare.

Grupa a doua cuprinde acele puncte de secționare care au o singură destinație, și anume: să împartă linia în sectoare cât mai scurte ceea ce permite sporirea capacității liniei, prin expedierea trenurilor în pachet.

Această grupă cuprinde: posturile de reavizare în linie curentă, posturile blocului de linie semiautomat și semnalele luminoase ale blocului de linie automat.

De modul în care s-au amplasat punctele de secționare cu dezvoltare de linii și de modul în care s-a conceput și construit planul de situație și profilul în lung al liniilor în stații și în haltele de mișcare, depinde în cea mai mare măsură :

- capacitatea liniei;
- modul de organizare a circulației trenurilor pe sectoarele de linie curentă,
- organizarea activității în stații și în haltele de mișcare,
- gradul de deservire a nevoilor populației din regiune, precum și a nevoilor economiei din regiune,
- asigurarea operațiilor tehnice strict necesare pentru asigurarea circulației trenurilor în condiții de siguranță a circulației (schimbarea locomotivelor și a personalului însoțitor, alimentarea cu apă și combustibil, controlul frânelor etc),
- valoarea cheltuielilor de construcție și de exploatare a liniei,
- greutatea întâmpinate la reconstrucția liniilor.

La amplasarea platformelor punctelor de secționare pe o linie nouă de cale ferată se ține seama de următorii factori :

- însemnătatea și categoria liniei,
- volumul probabil al transporturilor,
- sistemul de tracțiune,
- nevoile populației și a economiei din regiune,
- condițiile topografice și geologice ale regiunii străbătute de linia de cale ferată.

Amplasarea punctelor de secționare pe o linie nouă de cale ferată se face în ordinea importanței punctelor de secționare.

În funcție de elementele cunoscute, fixarea amplasamentului stațiilor intermediare și a haltelor de mișcare se poate realiza prin diferite metode pornind de la :

a/. Cunoașterea mărimii distanței de circulație; amplasarea platformelor stațiilor intermediare și haltelor de mișcare se face la distanțe egale cu distanța de circulație dată, care este de dorit să corespundă cu distanța de circulație optimă: $l_0 = 4-12$ km, în funcție de categorie și caracteristicile liniei;

b/. Cunoașterea capacității necesare de circulație și de transport a liniei; în acest caz amplasarea platformelor stațiilor intermediare și haltelor de mișcare se face la distanțe, astfel stabilite, încât capacitatea de circulație și de transport a liniei proiectate să corespundă cu capacitatea de circulație și de transport dată;

c/. Cunoașterea unei norme de timp; amplasarea platformelor stațiilor intermediare și haltelor de mișcare se face astfel încât timpul efectiv de parcurs distanțele de circulație să aibă valori cât mai apropiate de normale de timp.

Timpii de mers pentru parcurgerea distanțelor de circulație se pot calcula în primă aproximație prin procedeul vitezelor constante sau folosind datele din tabelul IV.3.

Tabelul IV.3

Timpul de mers pentru amplasarea platformelor stațiilor intermediare și haltelor de mișcare

Declivitatea elementului de profil	Timpul de parcurs 1 km în ambele sensuri, în minute			
	Tracțiune cu abur sau diesel		Tracțiune electrică	
	Tracțiune simplă	Tracțiune dublă	Tracțiune simplă	Tracțiune dublă
1	2	3	4	5
0	2,10	2,00	2,15	2,05
1	2,20	2,05	2,15	2,05
2	2,35	2,10	2,22	2,05
3	2,50	2,15	2,28	2,05
4	2,70	2,20	2,34	2,16
5	2,90	2,30	2,40	2,15
6	3,10	2,40	2,46	2,20
7	3,30	2,50	2,52	2,25
8	3,55	2,60	2,58	2,30
9	3,80	2,75	2,64	2,35
10	4,05	2,90	2,70	2,40
11	4,30	3,05	2,76	2,45
12	4,60	3,20	2,82	2,50
13	-	3,35	2,88	2,55
14	-	3,55	2,94	2,60
15	-	3,75	3,00	2,65
16	-	4,00	-	2,70
17	-	4,20	-	2,75
18	-	4,40	-	2,80
19	-	4,60	-	2,85
20	-	4,80	-	2,90
21	-	-	-	2,95
22	-	-	-	3,00
23	-	-	-	3,05
24	-	-	-	3,10
25	-	-	-	3,15
26	-	-	-	3,20
27	-	-	-	3,25
28	-	-	-	3,30
29	-	-	-	3,40
30	-	-	-	-

Observații:

1. Pentru valorile intermediare ale declivităților timpul de mers se stabilește prin interpolare.

2. La sectoarele de linie aflate în curbe, în timpul de mers stabilit în baza tabelii IV.3, se adaugă pentru fiecare 100° unghi la centru :

- la tracțiune simplă cu abur și diesel 0,44 min la mers pe paliere,
- la tracțiune simplă cu abur și diesel 0,22 min la mers pe declivități,
- la tracțiune dublă cu abur și diesel 0,12 min la mers pe paliere și declivități,
- la tracțiune simplă electrică 0,14 min la mers pe paliere,
- la tracțiune simplă electrică 0,07 min la mers pe declivități,
- la tracțiune dublă electrică 0,04 min la mers pe declivități mai mari de 40/00.

Timpul de parcurs distanța cuprinsă între axele a două puncte de secționare vecine se stabilește cu relația :

$$t_1 + t_2 = \sum t_1 \cdot l_1 + t_c \quad (\text{IV.20})$$

în care:

t_1 - este timpul de parcurs 1 km de linie aflat într-o declivitate 1, în ambele sensuri, în min;

l_1 - lungimea unui element de profil de declivitate, l în km;

t_c - corectarea timpului de mers datorită curbelor, în min.

După amplasarea definitivă a stațiilor intermediare și a hal-
telor de mișcare în planul de situație și în profilul în lung se calculează timpii reali de mers folosind un procedeu riguros la stabilirea timpilor de mers. Coeficientul de identitate se definește astfel:

$$I = \frac{(t_1 + t_2 + a_1 + a_2)_{\text{med}}}{(t_1 + t_2 + a_1 + a_2)_{\text{max}}} \quad (\text{IV.21})$$

unde:

$(t_1 + t_2 + a_1 + a_2)_{\text{med}}$ - reprezintă timpul mediu de parcurs distanțele de circulație, în ambele sensuri;

$(t_1 + t_2 + a_1 + a_2)_{\text{max}}$ - timpul de parcurs pentru distanța de circulație cea mai grea (limitativă) în ambele sensuri.

Timpii de mers care intervin în relația (IV.21) se stabilesc printr-un procedeu riguros de calcul.

Dacă coeficientul de identitate a timpului de parcurs distanțele de circulație, în ambele sensuri are valori mari: $I = 0,85 \dots 0,90$, amplasarea platformelor stațiilor intermediare și haltelor de mișcare poate fi considerată satisfăcătoare. Dacă coeficientul de identitate a timpului de parcurs distanțele de circulație în ambele sensuri, este mai mic de 0,75, se recomandă efectuarea unei corectări a amplasării platformelor punctelor de secționare în scopul obținerii unor timpi de valoare apropiată și pe cât este posibil o uniformitate a capacității de circulație pe toate distanțele de circulație.

IV.4.2. Proiectarea liniei în punctele de secționare cu dezvoltări de linii

Organizarea activității de exploatare a căilor ferate în punctele de secționare depinde de felul punctului de secționare. În unele puncte de secționare au loc încrucișări și depășiri de trenuri, se efectuează încărcarea și descărcarea vagoanelor, îmbarcarea și debarcarea călătorilor, pe cînd în altele circulația trenurilor se face fără oprire. De aceea, planul de situație și profilul în lung al liniei în punctele de secționare cu dezvoltare de linii se deosebesc de planul de situație și profilul în lung al liniei în punctele de secționare fără dezvoltare de linii. Stațiile, haltele de încrucișare de pe liniile simple și haltele de depășire de pe liniile duble se amplasează, de regulă, în aliniament și palier. Posturile de reavizare din linie curentă, posturile de bloc de linie semiautomat și semnalele luminoase ale blocului de linie automat se amplasează indiferent de configurația liniei în planul de situație și în profilul în lung, avînd însă în vedere să se asigure condiții favorabile de vizibilitate ale semnalelor și condiții sigure de demarare a trenurilor, în cazul unor opriri forțate în aceste puncte de secționare.

Amplasarea stațiilor în curbă provoacă numeroase inconveniente, și anume: greutate suplimentare la amplasarea schimbătoarelor de cale, înrăutățirea condițiilor de vizibilitate a semnalelor, a condițiilor de efectuare a manevrelor pentru punerea vagoanelor la încărcare și descărcare și a condițiilor de demarare datorită sporirii rezistențelor suplimentare produse de curbă. Aceste inconveniente sporesc mai ales dacă curbale au raze mici.

Se recomandă ca platformele stațiilor și ale haltelor de mișcare să fie proiectate în palier sau cu declivități foarte mici. În caz contrar, se ivesc inconveniente ca: înrăutățirea condițiilor de demarare a trenurilor ce circulă în rampă și a condițiilor de frînare a trenurilor ce circulă în pantă, fugirea vagoanelor care staționează în

stații, înrăutățirea condițiilor de manevră și sporirea rezistenței suplimentare datorită declivității.

Cu toate că amplasarea punctelor de secționare în curba și în declivitate prezintă inconveniente însemnate în ceea ce privește satisfacerea optimă a cerințelor de exploatare a liniei, totuși în regiunile caracterizate prin condiții grele de proiectare, se admite amplasarea stațiilor intermediare și haltelor de mișcare și în curbă și în declivitate, în scopul reducerii volumului de lucrări de terasamente și a investițiilor necesare pentru construirea liniei.

Proiectarea liniilor de cale ferată în punctele de secționare cu dezvoltarea de linii comportă rezolvarea următoarelor probleme :

- stabilirea dimensiunilor platformei;
- proiectarea liniei în punctele de secționare amplasate în curbă;
- proiectarea liniei în punctele de secționare amplasate în declivitate;
- proiectarea liniei pe sectoarele de acces în punctele de secționare.

IV.4.21. Stabilirea dimensiunilor platformei stațiilor intermediare și haltelor de mișcare.

Lărgirea platformei stațiilor și haltelor de mișcare de cele mai multe ori se poate realiza fără dificultăți prea mari. Sporirea lungimii platformei stațiilor necesită lucrări însemnate de terasamente, iar în cazul traseelor solicitate impune abandonarea treseului pe unele sectoare.

Pentru evitarea unor astfel de situații este bine ca stabilirea lungimii platformei stațiilor și haltelor de mișcare să se facă de la început, ținând seama de perspectivele de dezvoltare în viitor a acestora, iar lățimea platformei, numărul necesar de linii și lungimea lor utilă, pentru o anumită etapă, să fie determinate de capacitatea necesară de tranzitare a stației și deci de volumul transporturilor de mărfuri și călători din acea etapă. Cu alte cuvinte, lungimea platformei stației se stabilește pentru volumul maxim necesar de transporturi în viitor, iar lățimea platformei stației, numărul de linii din stație, și lungimea utilă a liniilor din stație, necesară la un moment dat, se stabilesc astfel încât să se poată satisface cerințele impuse de volumul transporturilor de mărfuri și călători în acel moment. Lățimea

platformei stației, numărul de linii din stații și lungimea utilă a acestor linii se sporesc pe măsură ce crește volumul transporturilor de marfă și călători.

Lungimea minimă a platformei punctelor de secționare (fig. IV. 25), se obține din relația :

$$L_p = L_s + T_V' + T_V'' + 2 d \quad (IV.22)$$

în care:

L_s este lungimea stației, respectiv haltei, adică distanța cuprinsă între joantele ultimilor aparate de cale din - spre linia curentă.

T_V', T_V'' - tangentele curbilor de racordare a elementelor de profil;

d - distanța de la curba de racordare în plan vertical la joanta celui mai apropiat aparat de cale.

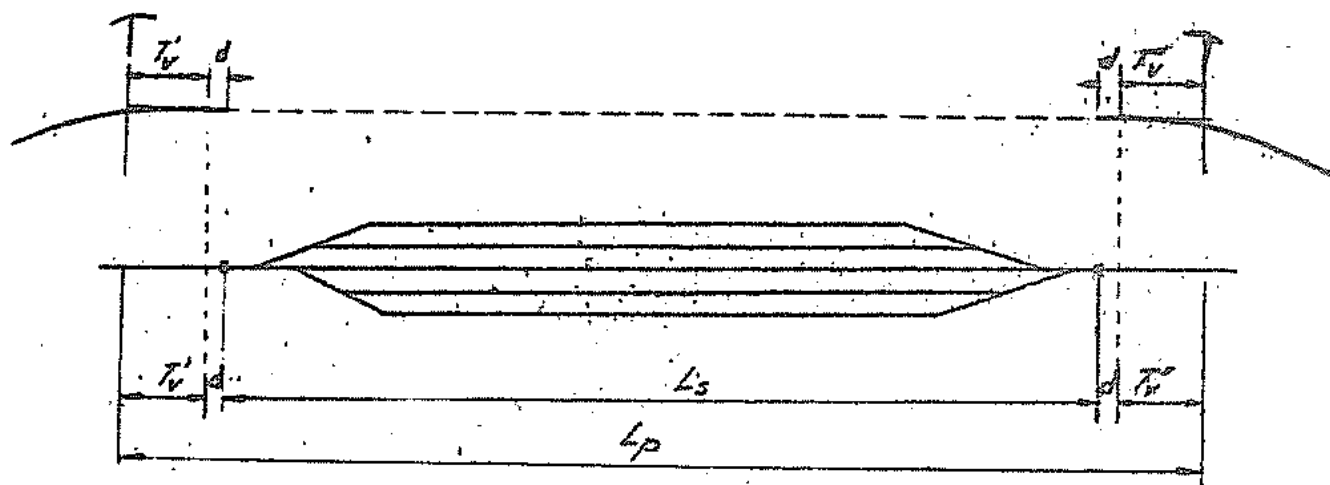


Fig. IV.25. Lungimea platformei stațiilor intermediare de tip transversal

Sporirea lungimii platformei stației la ambele capete se face cu scopul de a se evita așezarea schimbătoarelor de cale în curba de racordare a elementului de profil.

Lungimea stațiilor și a halteilor de mișcare depinde de :

- însemnătatea și tipul stației sau a haltei de mișcare;
- lungimea utilă a liniilor pentru primirea și expedierea trenurilor;
- numărul de linii din stație sau haltă de mișcare.

Stațiile de tip transversal necesită platforme mai scurte decât stațiile de tip longitudinal.

Lungimea utilă a liniilor de primire-expediere depinde în principal de lungimea trenurilor și se stabilește cu relația :

$$L_n = L_v + n_L L_L + L_p \quad (\text{IV.23})$$

în care:

- L_v - reprezintă lungimea convoiului de vagoane, în m;
în cazul în care se cunoaște numărul axilor (n_a) și se admite 5m lungime pentru fiecare axă, atunci $L_v = 5 n_a$;
- n_L - numărul de locomotive care remorchează un tren (simplu sau multiplă tracțiune);
- L_L - lungimea unei locomotive, se consideră $L_L = 25$ m;
- L_p - distanța de petrivire, se consideră $L_p = 10-25$ m.

Deoarece lungimea trenurilor depinde de tonajul trenului și de rezistența caracteristică, rezultă că lungimea platformei stațiilor intermediare și a haltelor de mișcare este în funcție de mărimea rezistenței caracteristice.

Numărul liniilor din stațiile intermediare și haltele de mișcare depinde de capacitatea de tranzit necesară și procesul tehnologic din aceste puncte de secționare.

Lățimea platformei stațiilor și a haltelor de mișcare depinde de :

- însemnătatea și tipul stației sau haltei de mișcare;
- numărul și destinația liniilor din stație;
- amplasamentul construcțiilor și instalațiilor necesare și desfășurarea proceselor tehnologice de exploatare din stații.

În raport cu afectarea ce o au în procesul tehnologic de exploatare, liniile din stație se clasifică în: linii de primire, expediere și trecere a trenurilor (numite și linii de primire-expediere), linii de triere și manevrarea vagoanelor, linii de încărcare - descărcare, linii de tragere, linii de evitare, linii de scăpare și alte linii a căror denumire este determinată de operațiile efectuate pe ele (exemplu: linii pentru pod basculant, pentru vagoane defecte etc).

Exemple privind distanțele între axele liniilor din stație și distanțele între axele liniilor și construcțiile și instalațiile vecine sînt cuprinse în tabelul IV.3.

Tabelul IV.4

Distanța între axele liniilor din stație și între axele unor linii și construcțiile și instalațiile vecine

Nr. crt	Felul distanței	Distanța, în m	
		normală	minimă
1	Între axele liniilor directe și liniile vecine în stațiile unde trec trenuri fără oprire	5,00	4,75
2	Între axele liniilor din grupele de primire, expediere și tricare	5,00	4,50
3	Între axele liniilor de călători când se prevede construirea de perșane	6,00	6,00
4	Între axele liniilor unde se montează trasee de iluminat pe stâlpi	6,00	5,50
5	Între axele liniilor destinate transbordării dintr-un vagon în altul	3,60	3,60
6	Între axa liniei și fața apropiată a diferitelor instalații (semnale, coloane hidro)	cît rezultă	2,20

IV.4.2.2. Proiectarea liniei în punctele de secționare amplasate în curbă

Se admite amplasarea platformei punctelor de secționare pe secțiune de linie în curbă, în cazurile în care, datorită unor condiții speciale (topografice, geologice, centre populate, amplasamente industriale etc), realizarea unui aliniament suficient de lung pentru a amplasa platforma stației sau a haltei de mișcare, nu se poate obține decât cu prețul unui volum mare de lucrări și cheltuieli de construcții. În asemenea situații este de dorit ca raza acestor curbe să fie cît mai mare: cel puțin 1000 m. în regiunile de șes și cel puțin 500 m. în regiunile de munte.

Pe căile ferate române, schimbătoarele de cale și liniile abătute din stațiile și haltele de mișcare se proiectează fără supraînălțarea firului exterior, ceea ce limitează în mare măsură vitezele de circulație, mai ales în cazul stațiilor aflate în curbe cu rază mică.

Pentru ca trenurile fără oprire să poată circula pe linia directă din stații cu aceeași viteză ca și în linie curentă, este necesar ca: aparatele de cale să fie așezate în aliniament, firul exterior al curbei să fie construit cu supraînălțare, iar valoarea razei curbei să fie astfel stabilită încît să nu se impună restricții de viteză. De aici rezultă că, ori de cîte ori platforma stațiilor și haltelor

de mișcare se proiectează în curbă, trebuie luate măsuri ca schimbătoarele de cale să fie așezate în aliniament; fiind sene aparatelor de cale este amplasată în curbă sînt necesare aparate de cale speciale.

Această cerință trebuie să fie satisfăcută, mai ales dacă platforma stației este amplasată pe o curbă cu rază mică ($R < 1000$ m). De regulă, între aliniament și curba circulară a liniei directe se introduce o curbă de racordare. În asemenea cazuri, schimbătoarele de cale trebuie amplasate în afara curbei de racordare.

Platforma stațiilor și haltelor de mișcare poate fi amplasată, fie într-o curbă, fie în două curbe cum se arată de exemplu în figura IV.26.

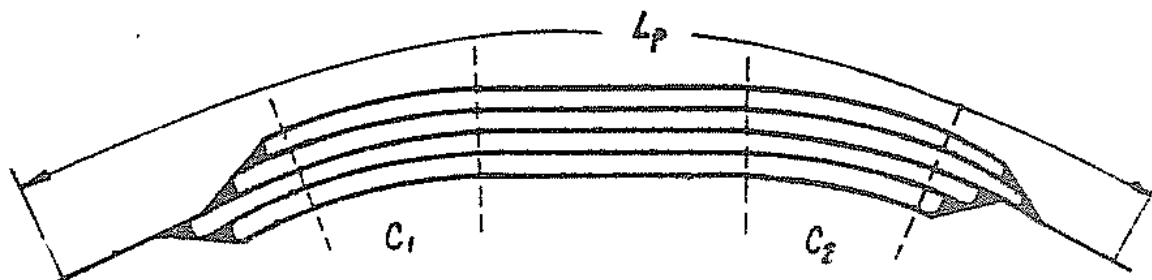


Fig. IV.26. Amplasarea platformei stației în două curbe îndreptate în același sens

IV.4.2.3. Proiectarea liniei în punctele de secționare amplasate în declivitate

În condițiile unui relief accidentat, construirea unei platforme în palier poate să atragă un volum mare de lucrări de terasamente și să sporească în măsură considerabilă cheltuielile de construcție. În asemenea situații se admite construirea stațiilor și haltelor de mișcare în declivitate.

Stabilirea valorii declivității liniei în stații și halte se face pornind de la satisfacerea condițiilor care să asigure :

- demararea trenurilor din stație;
- stabilitatea vagoanelor izolate împotriva fugirii în pantă;
- configurația liniștită a profilului în lung în limitele platformei stației.

Pentru a se asigura pornirea trenurilor este necesar să fie

Valoarea medie a rezistenței suplimentare de demarare, pe o linie situată în aliniament și palier, este de circa 4 kg/tf.

Se poate considera că forța maximă de tracțiune a locomotivei, în momentul demarării din stațiile situate în declivitate, este egală cel mult cu forța de tracțiune produsă pe declivitatea maximă. În acest caz, condițiile de demarare vor fi asigurate dacă rezistența la demarare nu va depăși rezistența de mers pe declivitatea maximă, adică:

$$r_0 + r_d + r_{ob} + r_{ism} \leq r_0 + r_0 \quad (IV.24)$$

de unde se deduce :

$$r_{ism} \leq r_0 - (r_d + r_{ob})$$

în care:

- r_{ism} este rezistența datorită declivității medii, în kg/tf.
- r_0 - rezistența caracteristică a liniei, în kg/tf.
- r_d - rezistența specifică suplimentară la demaraj, în kg/tf.
- r_{ob} - rezistența specifică datorită curbei, în kg/tf
- r_b - rezistența specifică la mers în aliniament și palier, în kg/tf.

Dacă se consideră $r_d = 4$ kg/tf, relația devine

$$i_{sm} \leq i_0 - (4 + i_c) \quad (IV.25 a)$$

unde i_0 este declivitatea echivalentă cu rezistența specifică dată de curbă.

Dacă profilul în lung al liniei, în limitele platformei stației se compune din mai multe elemente de profil, mărimea i_{sm} se stabilește pentru o distanță egală cu lungimea trenului (și nu pentru lungimea cumulată a elementelor de profil ce formează platforma stației). La stabilirea i_{sm} se ia în calcul poziția trenului cea mai defavorabilă și se folosește relația :

$$i_{sm} = \frac{1000(H_2 - H_1)}{l_{tr}} + \frac{12 \sum \alpha}{l_{tr}} = 1000 \frac{\sum i \ell}{l_{tr}} + \frac{12 \sum \alpha}{l_{tr}} [‰] \quad (IV.25 b)$$

în care:

- l_{tr} - este lungimea trenului, în m;
- H_1, H_2 - cotele platformei oăii la cele două capete ale trenului, în m;
- $\sum \alpha$ - suma unghiurilor la centru ale curbelor din planul de situație, aflate sub tren;
- i - este declivitatea elementelor de profil, în ‰;
- ℓ - lungimea elementelor de profil, în m.

Un alt criteriu important pentru stabilirea declivității maxime a liniei în stațiile și haltele de mișcare îl constituie asigurarea stabilității vagoanelor izolate împotriva pericolului de fugire în pantă. La pornire trebuie învinsă rezistența suplimentară de demarare. În momentul pornirii, valoarea rezistenței specifice la demarare este de 20-30 kgf/af. Deoarece la proiectarea liniilor, de obicei, se folosesc declivități mai mici de 20-30°/oo, s-ar părea că vagoanele izolate au stabilitatea necesară.

De fapt, vagoanele izolate, ce staționează pe declivități medii și mai ales pe declivități mari, au numai o stabilitate aparentă. În aceste condiții, un șoc în timpul manevrei, un vânt puternic, pot pune în mișcare vagoanele izolate ce staționează pe o linie aflată în declivitate, și să producă ceea ce se numește fugirea vagoanelor. În baza experienței dobândite în exploatarea căilor ferate și a rezultatelor obținute în urma cercetărilor efectuate, s-a putut stabili că dacă declivitatea elementelor de profil din stație satisface relația:

$$i_p \leq (3-4)^\circ/\text{oo} \quad (\text{IV.26})$$

atunci este asigurată stabilitatea vagoanelor izolate, împotriva fugirii în pantă.

În ce privește configurația profilului în lung, este de dorit ca în limitele platformei stației să nu se schimbe declivitatea liniei, în vederea asigurării unor condiții favorabile pentru efectuarea manevrelor. Dacă totuși platforma stației nu poate fi proiectată într-o singură declivitate, atunci se admite amplasarea în limitele platformei stației a cel mult două schimbătoare de declivitate. La stabilirea lungimii elementelor de profil și la calculul racordării acestora în limitele platformei punctelor de secționare, se aplică aceleași norme ca și în linie curentă.

Pornind de la satisfacerea condițiilor prin care se asigură demararea trenurilor din stație, stabilitatea vagoanelor izolate împotriva fugirii și o configurație liniștită a profilului în lung. Regulamentul de exploatare tehnică CFR prevede ca stațiile și haltele de mișcare să fie construite pe porțiuni orizontale și în aliniament; în mod excepțional se admite construirea acestora în declivitate de cel mult 2°/oo. În condiții topografice foarte grele, în haltele de mișcare în care nu se prevăd manevre se admit declivități mai mari, ținându-se seama de rezistența suplimentară la pornirea trenului, pentru respectarea normei de tonaj pe secția de remorcare respectivă. În asemenea cazuri declivitatea maximă din haltele de mișcare trebuie să satisfacă relația (IV.25 a).

Proiectarea haltelor de mișcare în declivități mai mari de

2°/oo produce greutăți mari stanci fiind, datorită creșterii volumului de transporturi, anele dintre aceste halte de mișcare trebuie transformate în stații. De aceea se recomandă să nu se proiecteze consecutiv două halte de mișcare, cu declivități mai mari de 2°/oo.

Stațiile cu profil nefavorabil la intrare - pantă - trebuie să fie prevăzute, la capătul spre pantă, cu linii de scăpare (fig. IV.27); de asemenea, stațiile cu declivități peste 2°/oo au linii de scăpare în prelungirea liniilor pe care se face manevra.

Linii de scăpare sînt destinate să protejeze distanța de circulație ocupată, sau parcursul din stație, contra intrării pe acestea a unui tren scăpat pe o pantă mare și lungă sau a unei părți rupte din garnitura trenului. Lungimea și rampela profilului în lung al liniei de scăpare se stabilesc prin calcul, din condițiile de a se putea asigura oprirea trenului sau a unei părți de tren rupte și scăpate.

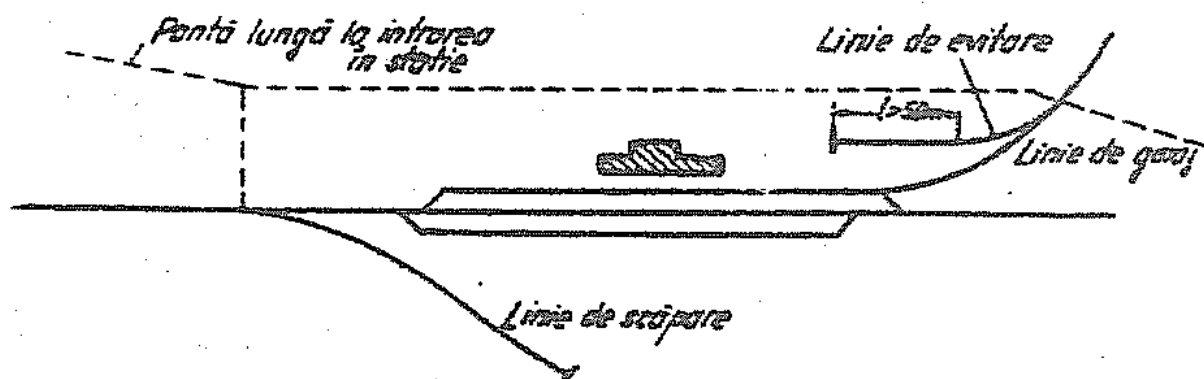


Fig. IV.27. Amplasarea liniilor de evitare și a liniilor de scăpare

Linii de evitare se construiesc în cazurile cînd din linia curentă sau din liniile de primire-expediere ale stațiilor sau ale haltelor de mișcare se ramifică linii de garaj sau alte linii (fig. IV.27), precum și în cazul cînd se realizează primirea simultană a trenurilor în stație.

Linii de evitare sînt destinate să împiedice leșirea materialului rulant și parcursul de tresere al trenului și trebuie să aibă lungimea utilă de cel puțin 50 m.

Se recomandă ca platforma punctelor de secționare să fie executată în umplutură de circa 2-3 m, deoarece prin aceasta se asigură condiții mai bune pentru evacuarea apelor, se creează condiții favorabile

pentru vizibilitatea semnalelor și efectuarea manevrelor și se micșorează pericolul de înșăpezire.

Trebuie evitat, pe cât posibil, construirea platformei stațiilor și haltelor de mișcare în deblu, mai ales atunci când acesta este în curbă.

IV.4.2.4. Proiectarea liniei pe secțiuni de acces în punctele de secționare.

Pe o linie de cale ferată cu un profil în lung carecure, platformele punctelor de secționare pot fi amplasate în trei feluri "în vîrf", "în grupă" și "în trepte" (fig. IV.28).

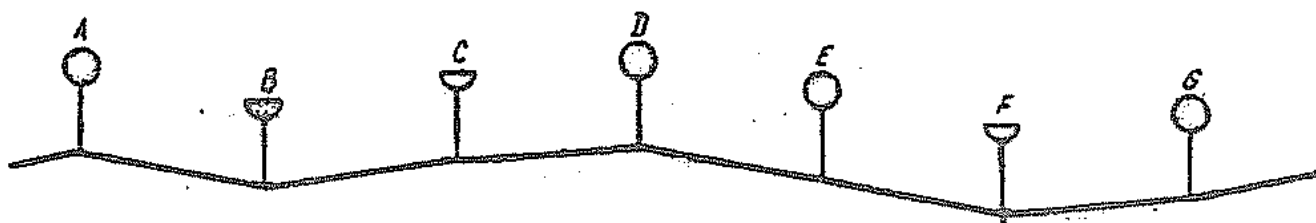


Fig. IV.28. Amplasarea punctelor de secționare în raport cu configurația liniei în profilul în lung

Amplasarea platformei stațiilor și haltelor de mișcare "în vîrf" prezintă avantaje însemnate asupra celorlalte două moduri de amplasare, deoarece creează condiții favorabile, atât pentru oprirea trenurilor în stații, cât și pentru demararea lor din stații. Dacă stațiile și halturile de mișcare sînt amplasate în vîrf, viteza de circulație se micșorează, datorită rezistenței suplimentare produse de rampele de acces și, pentru ca trenul să poată fi oprit, va fi necesară o forță de frînare mai mică. Pe de altă parte demararea unui tren dintr-o stație de vîrf și atingerea unor viteze mari de circulație se realizează într-un timp foarte scurt, datorită angajării sale în pantă; la mersul în pantă apare o forță de rezistență suplimentară care, fiind de același sens cu forța de tracțiune, contribuie la sporirea vitezei de circulație.

Amplasarea platformei punctelor de secționare "în groapă" prezintă inconveniente importante atât la oprirea trenurilor cât și la demararea trenurilor din aceste puncte de secționare. La mersul pe pantele de acces spre stație se produce o forță de rezistență suplimentară, de același sens cu forța de tracțiune, datorită căreia, pentru oprirea trenurilor este necesară sporirea forței de frînare. La demararea tre-

nului, datorită rampei de la ieșirea din stație, apare o forță de rezistență de sens contrar cu forța de tracțiune, ceea ce va îngreuna realizarea unei viteze mari pe acea rampă.

Amplasarea punctelor de secționare "în trepte" prezintă avantaje și dezavantaje; trenurile care circulă în sensul rampei au condiții favorabile pentru oprirea lor în stații și condiții nefavorabile pentru demararea din stații, pe când trenurile care circulă în sens contrar au condiții bune la demararea din stații și condiții rele la oprirea lor în stații.

Rezultă că, din punct de vedere al circulației trenurilor se recomandă ca punctele de secționare să fie amplasate în vîrf.

Pentru ca trenurile, oprite în rampă, la semnalele de intrare în stații, să poată demara, este necesar ca rezistența întâmpinată de tren la pornire (inclusiv rezistența suplimentară la demaraj) să fie mai mică decât rezistența maximă admisă la proiectarea liniei. Satisfacerea acestei condiții impune, în unele cazuri reducerea declivității pe rampele de acces în stație, pe o distanță egală cu lungimea trenului plus distanța dintre semnalul de intrare și schimbătorul de declivitate (d_s). (fig. IV.29).

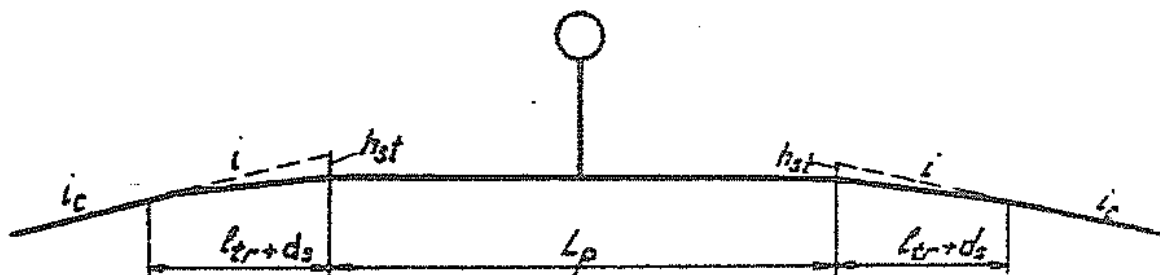


Fig. IV.29. Profilul în lung al liniei la accesul în stațiile amplasate "în vîrf" (convex)

Valoarea maximă a declivităților pe rampele de acces în stație, ținînd seama de posibilitatea opririi trenurilor la semnalele de intrare în stație, se calculează cu relațiile :

$$i \leq i_0 - r_d \quad - \text{cînd linia se află în aliniament}$$

$$i \leq i_0 - (r_d + r_{ob}) \quad - \text{cînd linia se află în curbă,}$$

în care:

i_0 - este declivitatea caracteristică a liniei;

r_d - rezistența la demarare;

r_{ob} - rezistența datorită surbei.

În vederea îmbunătățirii condițiilor de oprire și de demarare în stațiile și din stațiile amplasate în groapă, mai ales în situațiile în care declivitățile de la intrarea și ieșirea din stații sînt declivități mari, se recomandă prelungirea platformei stației în ambele capete cu 200-300 m și reducerea declivității pe această distanță la $2 - 4\text{‰}$ (fig. IV.30). Aceste măsuri îmbunătățesc simțitor condițiile de frînare și de demarare din stații și permit totodată, ca racordarea declivităților în plan vertical să se poată face după ieșirea din stație.

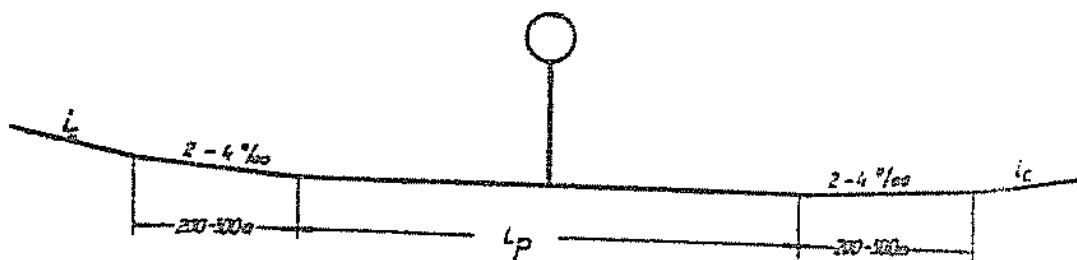


Fig. IV.30. Profilul în lung al liniei la accesul în stațiile amplasate "în groapă" (conceav)

Platforma punctelor de secționare amplasată în trepte, se recomandă să fie proiectată cu datele din figura (IV.31).

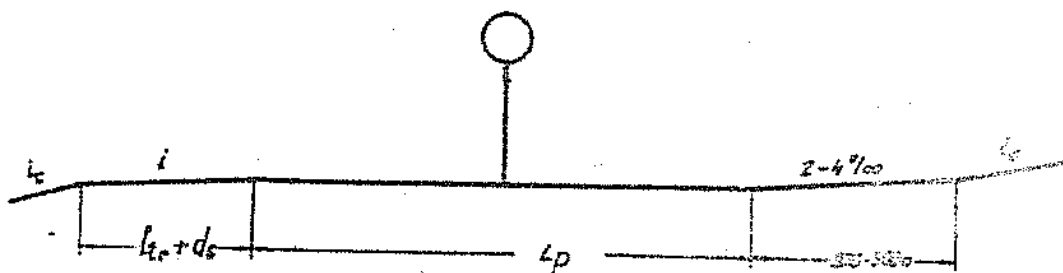


Fig. IV.31. Profilul în lung al liniei la accesul în stațiile amplasate "în treaptă"

IV.5 . Amplasarea punctelor de secționare fără dezvoltare de linii și a haltelor comerciale

Posturile de reavizare în linie curentă, posturile blocului de linie semiautomat și semnalele luminoase ale blocului de linie automat se construiesc pentru a asigura capacitatea de circulație a

liniei. Aceste puncte de secționare nu posedă nici un fel de instalații în afară de cele de semnalizare și telecomunicații.

Posturile de reavizare în linie curentă și posturile blocului de linie semiautomat se pot amplasa pe căi simple și duble, ținând seama de împărțirea timpului de pers pe cât posibil în părți egale. Pe liniile cu profil accidentat, unde timpii de mers nu sînt aceeași în ambele sensuri de circulație, numărul posturilor într-un sens poate să difere de cel în sens contrar. Pe liniile duble sau pe liniile care se dublează, spre a putea utiliza rațional personalul, se recomandă combinarea posturilor de reavizare pentru cele două sensuri de circulație în unul singur, admitîndu-se un decalaj între axele semafoarelor pînă la 400-500 m, cu condiția ca circulația să nu fie periclitată. Condițiile principale pentru amplasarea posturilor de reavizare în linie curentă sînt:

- distanța dintre două posturi trebuie să fie de cel puțin 3000 m.

- posturile din linie curentă trebuie să fie vizibile de la o distanță de cel puțin 800 m, distanță egală cu drumul de frînare plus 100 m pentru posibilitatea perceperii semnalului de către personalul de locomotivă.

Blocul de linie automat se construiește pe liniile cu circulație intensă și are ca scop sporirea capacității de circulație a secției și mărirea siguranței circulației trenurilor.

Numărul semnalelor luminoase ale blocului de linie automat și distanța dintre ele sînt în funcție de intervalul minim de timp posibil dintre trenuri și de capacitatea de circulație ce trebuie realizată.

De obicei, semnalele luminoase ale blocului de linie automat au trei lumini principale: roșie, galbenă și verde. Lumina roșie arată că sectorul următor este ocupat de un tren și ordonă oprirea trenului. Lumina galbenă arată că între semnalul respectiv și tren există un sector de bloc liber și ordonă micșorarea vitezei. Lumina verde arată că între semnal și tren sînt cel puțin două sectoare libere și deci permite circulația cu viteză stabilită. *

Circulația trenurilor pe secțiile cu bloc de linie automat se poate face la lumina galbenă (fig. IV.32) sau la lumina verde (fig. IV.33).

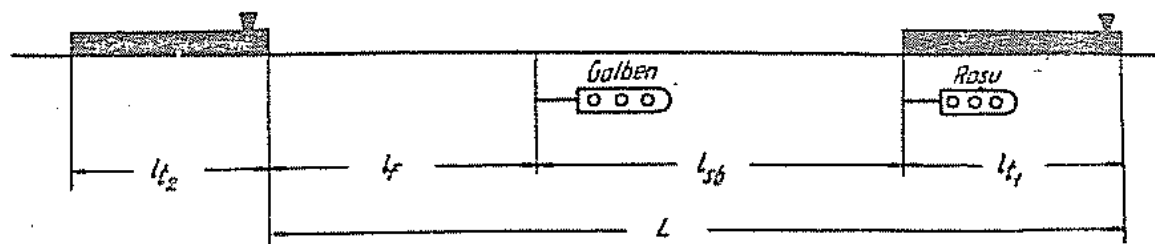


Fig. IV.32. Circulația trenurilor în urmărire la lumină galbenă

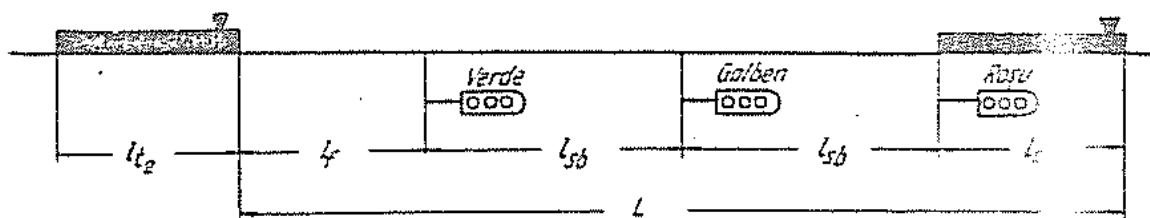


Fig. IV.33. Circulația trenurilor în urmărire la lumină verde

Amplasarea semnalelor luminoase se face pornind de la cunoașterea intervalului de timp între două trenuri ce se urmăresc astfel încât trenul următor să poată circula la lumina verde. În funcție de profilul liniei se face o amplasare aproximativă a semnalelor luminoase din condiția ca un tren să parcurgă trei sectoare de bloc de circa 10 minute, iar lungimea unui sector de bloc să fie cuprinsă între 1200 și 3000 m. După ce s-au amplasat semnalele luminoase în aceste sensuri de circulație, se face o corecție a poziției lor, prin construirea diagramei timpului de mers $t = f(s)$ pe distanța cuprinsă între coada trenului urmărit și capul trenului următor.

După cum se știe, diagrama timpului se construiește pentru centrul de greutate al trenului, care se presupune că se găsește la mijlocul trenului. Din acest motiv diagrama timpului pentru trenul urmărit (trenul nr.1) trebuie deplasată cu jumătate din lungimea trenului spre coada trenului, iar diagrama timpului pentru trenul următor (trenul nr.2) se deplasează tot cu jumătate din lungimea trenului spre capul trenului (fig. IV.34). Intervalul minim de timp dintre cele două trenuri fiind 10 minute, este necesar ca diagrama timpului pentru trenul

urmăritor să fie deplasată pe verticală cu minimum 10 minute, luate la scara timpului. Din punctele care marchează poziția semnalelor luminoase se ridică verticale până la intersecția cu cele două curbe ale timpului de mers.

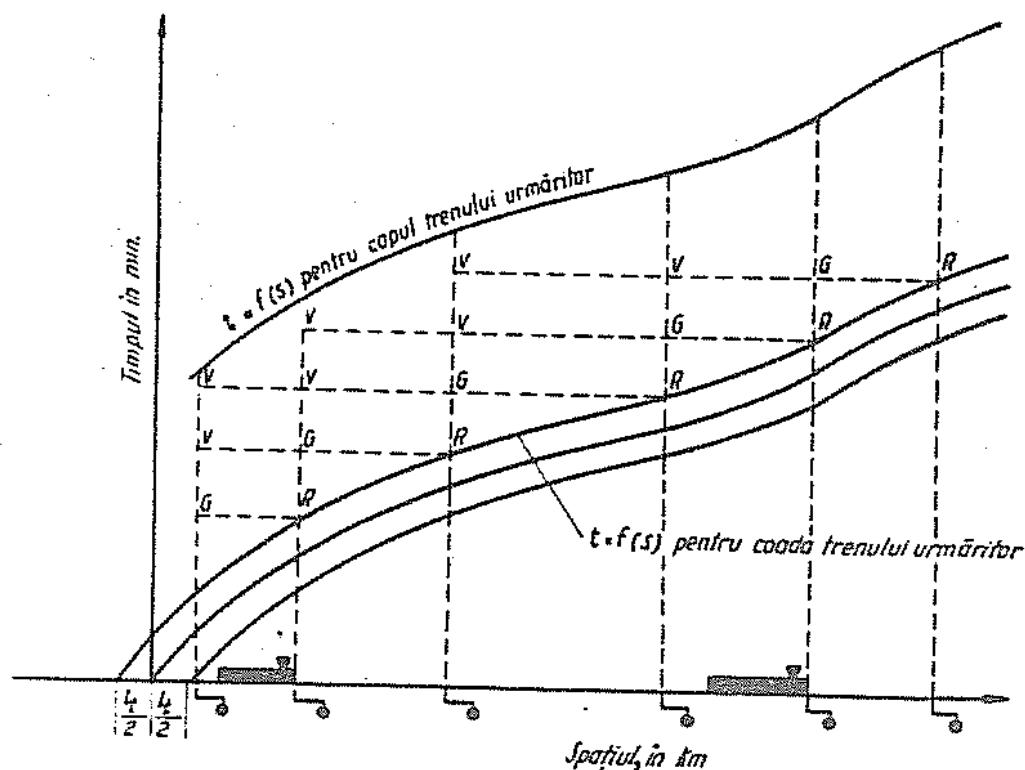


Fig. IV.34. Amplasarea semnalelor luminoase ale blocului de linie automat

Din punctele de intersecție dintre verticale și curba timpului de mers pentru trenul urmărit se duc drepte orizontale. Intersecția dintre dreptele verticale și orizontale determină culoarea semnalelor luminoase, precum și felul de circulație a trenurilor la lumina verde sau galbenă. Se admite ca pe sectoarele de linie aflate în rampe mari, precum și pe sectoarele de linie de unde trenurile demarează, datorită opriții în stație, circulația trenurilor să se facă la galben și deci la două distanțe de bloc.

La amplasarea semnalelor luminoase pe secția înzestrată cu bloc de linie automat, trebuie să se țină seama de următoarele considerații:

1. Lungimea sectorului de bloc de linie să nu fie mai mică decât lungimea de frînare, plus 100 m pentru perceperea semnalului

de către mecanic. Această lungime se ia în funcție de viteza reală a trenurilor celor mai rapide de pe secție.

2. Lungimea trenului se consideră aceea a trenului de marfă cel mai lung, care circulă prin secție. Această lungime este în funcție de profilul liniei, tipul și seria locomotivei și de sistemul de remorcare al trenurilor.

3. Intervalul de timp al trenurilor ce se urmăresc nu trebuie să fie mai mic decât intervalul de timp necesar pentru trecerea trenurilor prin stații, pentru a se putea evita reținerea trenurilor la semnalele de intrare ale stațiilor.

Amplasarea haltelor comerciale. Haltele comerciale se înființează pentru deservirea traficului de mărfuri. Ele se amplasează în apropierea localităților populare, centrelor industriale și agricole unde se fac încărcări și descărcări de mărfuri. Aceste puncte se amplasează de regulă pe liniile secundare, cu trafic redus, unde circulația trenurilor permite efectuarea în linie curentă a operațiunilor de încărcare sau descărcare a mărfurilor.

Atunci când se înființează o haltă comercială pe o linie cu un trafic intens, se vor construi, în acel punct, linii de evitare, cu ajutorul cărora se introduc și se scot vagoanele la și de la încărcare sau descărcare (fig. IV.35).

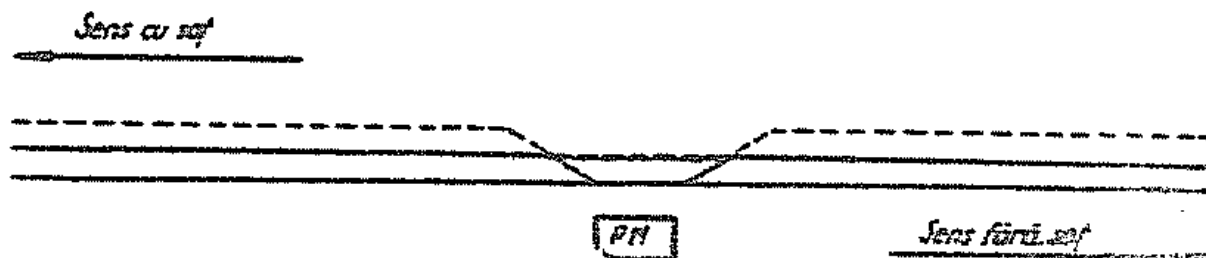


Fig. IV.35. Halte comerciale cu linie de evitare

În asemenea cazuri, pentru securitatea circulației este nevoie ca punctul să fie prevăzut cu un post ajutător de mișcare. Amplasarea haltelor comerciale se face pe partea localităților sau industriilor deservite.

Capitolul V

S T U D I U L T R A S E U L U I

V.1. Considerații generale

Operația de fixare pe plan, hartă sau teren a axei căii se numește trasarea liniei. Trasarea liniei este precedată de un studiu al traseului care constă în stabilirea poziției pe care o va avea axa căii în raport cu configurația terenului.

Studiul traseului are o importanță deosebită, deoarece de modul în care s-a stabilit poziția axei căii în raport cu configurația terenului vor depinde caracteristicile tehnice constructive și de exploatare a liniei, care la rândul lor, determină cheltuielile necesare pentru construirea și exploatarea liniei.

Dată fiind varietatea factorilor care influențează studiul traseului, precum și numărul mare de cerințe tehnico-economice ce trebuie să fie satisfăcute, studiul traseului se face pe etape, în conformitate cu fazele de întocmire a proiectului.

În linii mari, succesiunea operațiilor pentru studiul traseului este următoarea :

În baza sarcinii de plan se face fixarea lucrării și se încep studiile tehnico-economice. Scopul studiului tehnico-economic constă în stabilirea posibilităților tehnice de a executa calea ferată, a rezultatelor economice, social-politice, administrative care se pot obține prin realizarea liniei, a volumului aproximativ al lucrărilor și a valorii investițiilor necesare pentru construirea liniei. De obicei, se începe cu studiul pe harta topografică la scară 1:100.000 prin stabilirea diferitelor variante posibile. În felul acesta se obține o vedere de ansamblu asupra diverselor soluții posibile; se elimină soluțiile puțin probabile. În continuare, studiul pentru soluțiile reținute se adâncește pe harta topografică la scară 1:20.000. Apoi, diversele soluții posibile studiate pe hartă se recunosc pe teren. Dacă este necesar, în timpul recunoașterii traseului pe teren se pot face unele ridicări sumare. Cu datele obținute, din studiul pe hartă și din studiile pe teren în timpul recunoașterii traseelor, se întocmește studiul tehnico-economic al diferitelor variante posibile.

Studiul tehnico-economic, prin aprobarea dată, fixează amplasamentul general al lucrării.

Pe baza fixării amplasamentului general al lucrării se elaborează, de către beneficiar, tema de proiectare și se face comanda pentru

proiectarea liniei de cale ferată.

Proiectantul începe studiul preliminar al traseului pe o hartă topografică (plan director) la scara 1:20.000. În regiunile cu un relief accidentat studiul preliminar al traseului se face pe planuri topografice la scara 1:10.000. Cu elementele rezultante se întocmeşte un proiect de ansamblu.

Pentru precizarea poziţiei căii în planul de situaţie şi în profilul în lung se efectuează studiul definitiv al traseului şi se elaborează proiectul de execuţie. Studiul definitiv al traseului începe cu transpunerea pe teren a traseului aprobat. Se ridică apoi planul de situaţie la scara 1:1000, pe o bandă de 200-400 m de o parte şi cealaltă a axei căii. Cu datele obţinute din aşezarea traseului pe teren se face un studiu definitiv al traseului pe planul de situaţie ridicat şi se elaborează proiectul de execuţie.

Uneori, pentru lucrările mai pretenţioase se culeg date suplimentare şi se efectuează cercetări tehnice de detaliu, care permit elaborarea planurilor (desenselor) de execuţie.

La studierea traseului se găsesc de obicei, mai multe soluţii. Dintre acestea se alege aceea, care satisface în modul cel mai avantajos numeroasele cerinţe şi condiţii de proiectare a liniei şi care pot fi grupate după patru criterii :

- criterii de ordin social - administrativ;
- criterii de ordin strategic;
- criterii de ordin economic;
- criterii de ordin tehnic.

Influenţa acestor condiţii asupra studiului traseului depinde de faza de proiectare. Astfel, de exemplu, în cadrul studiului tehnic-economic satisfacerea cerinţelor social-politic-administrative, economice şi strategice are un rol deosebit în stabilirea variantelor posibile.

În studiul definitiv al traseului, stabilirea variantelor depinde de satisfacerea condiţiilor tehnice şi economice.

Condiţiile social-administrative, strategice, economice şi tehnice determină elementele principale ale proiectării liniei, şi anume: traficul probabil, amplasarea liniei faţă de centrele populate şi economice, amplasarea faţă de celelalte căi de comunicaţii, acţiunile necesare pentru construirea şi exploatarea liniei.

Pentru cunoaşterea acestor condiţii este necesar ca studiul traseului să fie precedat de efectuarea unor cercetări economice.

Traseul unei linii de cale ferată trebuie să treacă în mod obligatoriu prin punctele indicate prin tema de proiectare. Aceste puncte,

denumite puncte obligate ale traseului, sînt: punctele extreme (inițial și final), precum și o serie de alte puncte intermediare, ca: localități cu o populație însemnată, centre mari industriale. Punctele obligate se stabilesc pe baza cercetărilor economice.

Unind prin linii drepte punctele obligate date prin tema de proiectare, se obține linia în zbor de pasăre, de la care este de dorit ca traseul să nu se îndepărteze nejustificat, spre a nu fi lungit de prisos (fig.V.1).

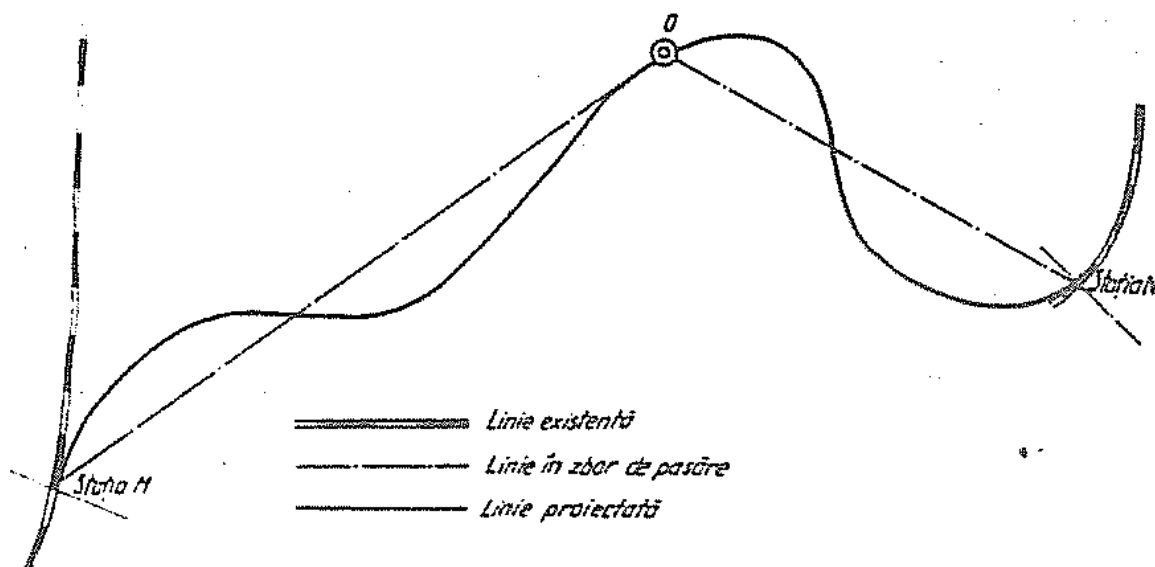


Fig.V.1. Linie în zbor de pasăre

Este evident că cu cît traseul se abate mai puțin de la linia de zbor de pasăre, cu atît acesta va fi mai scurt.

Dar, de cele mai multe ori, mai ales în cazul liniilor de munte, condițiile variate ale terenului, existența unor centre populate, prezența unor centre economice etc., constituie obstacole în stabilirea unui traseu care să unească punctele obligate, în linie dreaptă. Asemenea puncte cer să fie ocolite de calea ferată și, în consecință, conduc la o abatere a traseului de la linia în zbor de pasăre și deci la lungirea sa. Pe de altă parte, prezența unor centre economice cu oarecare importanță, existența unor locuri potrivite pentru trecerea cursurilor de apă mai importante sau a unor șei la traversarea culmii, exercită o influență de atracție asupra traseului, abatîndu-l de la linia în zbor de pasăre. Condițiile locale care dau o indicație prețioasă în stabilirea traseului, recomandînd o abatere a traseului de la linia dreaptă, se numesc puncte recomandate.

Punctele recomandate, mai importante și mai des întâlnite în studiul traseului, sînt:

- locurile de traversare a cursurilor de ape curgătoare mari;
- geile (trecătorile, defileurile), locurile cele mai joase situate pe cumpăna apelor, crestele munților;
- localitățile populate și centrele industriale;
- locurile potrivite pentru intersecții cu alte căi de comunicație;
- locuri corespunzătoare pentru traversarea lacurilor, mlaștinilor, regiunilor inundabile, râpelor adînci, terenurilor cu stabilitate redusă.

Unind prin linii drepte, punctele obligate, indicate în temă, cu punctele recomandate, stabilite de proiectant în urma unei analize a condițiilor locale, se obține o linie frîntă ce poartă denumirea de linie călăuză. Linia călăuză reprezintă o serie de direcții posibile de dezvoltare a traseului (fig.V.2).

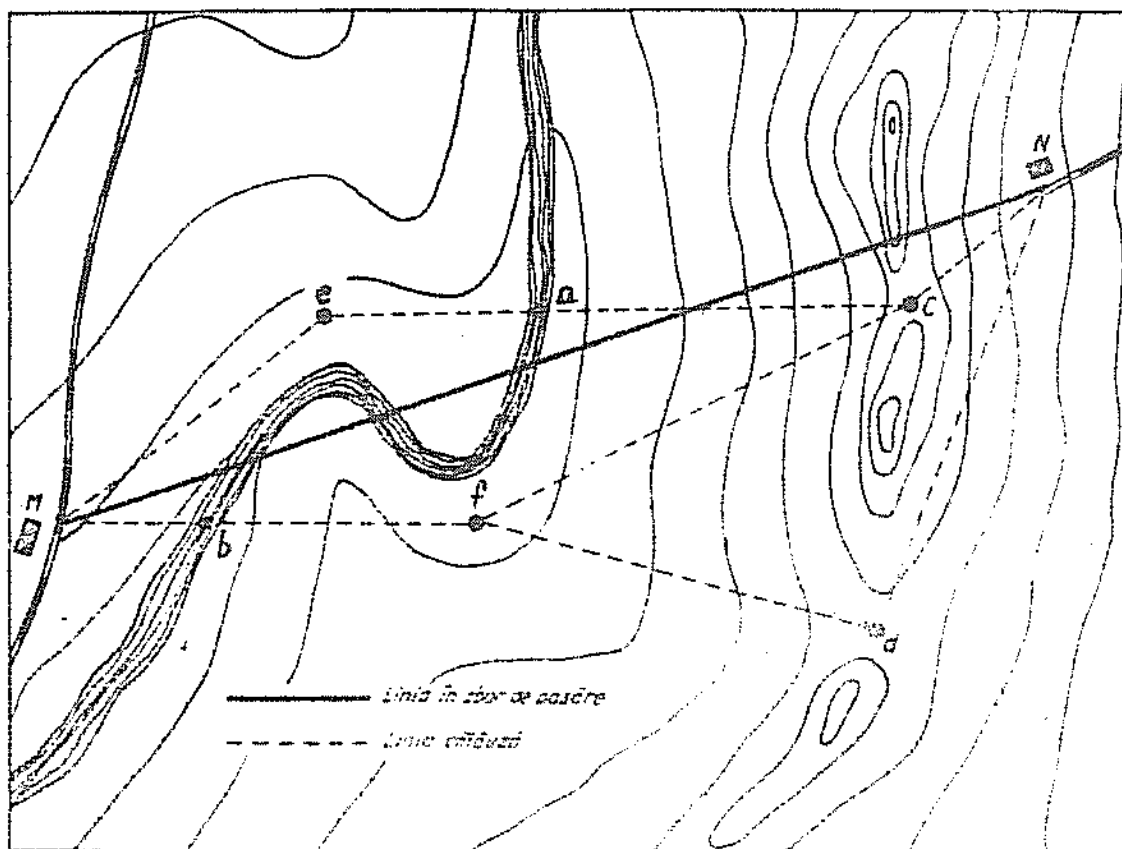


Fig.V.2. Linia călăuză

Relieful regiunii exercită o influență însemnată asupra caracteristicilor traseului și modului de dezvoltare a acestuia. În funcție de poziția traseului în raport cu formele de relief, se pot distinge următoarele tipuri de trasee: vale, culme, coastă și transversal pe culme.

Traseele de vale se amplasează cu direcție generală de-a lungul văii, pe un mal sau celălalt, pe o terasă inferioară sau superioară.

Traseele de culme (de platou, sau de creastă) se așază, cu direcție generală de-a lungul liniei ce delimitează bazinele apelor curgătoare.

Traseele de ocazie se dezvoltă pe versanții văilor și, de regulă, străbat regiunile cuprinse între acele văi și culmile depărțitoare.

Traseele transversale pe culme se dezvoltă de-a lungul unei văi, urcând spre culme pe care o trece, iar apoi coboară în bazinul unei alte ape curgătoare.

Din punct de vedere al modului în care este folosită declivitatea maximă admisă la proiectare se deosebesc:

- trasee libere (trasee cu înscriere liberă la teren),
- trasee solicitate sau forțate (trasee cu înscriere forțată la teren).

Prin trasee libere se înțeleg acele trasee care străbat regiuni cu denivelări mici, din care cauză declivitatea medie a terenului este mai mică decât declivitatea maximă admisă la proiectarea liniei. Asemenea trasee se găsesc în regiunile de șes, de-a lungul cursurilor de apă, pe platouri.

Traseele solicitate (numite și trasee forțate) străbat regiunile cu teren accidentat, unde declivitatea medie a terenului de-a lungul liniei călăuză este mai mare sau cel puțin egală cu declivitatea maximă admisă la proiectarea liniei. În asemenea cazuri ($i_t > i_{mp}$) pentru a se putea ajunge la cota indicată, este necesară lungirea artificială (desfășurarea) traseului și folosirea declivității maxime admise de proiectare pe porțiuni cât mai lungi. Prin lungirea artificială a traseului se înțelege abaterea acestuia de la linia în zbor de pasăre, cu scopul de a se câștiga înălțime. Traseele solicitate (forțate) se găsesc situate în regiunile deluroase și muntoase, mai ales la traversarea peste culmea despărțitoare a două bazine importante.

Identificarea formelor de relief se face fie pe planurile sau hărților topografice, fie direct pe teren.

Declivitatea medie a terenului se stabilește în lungul liniei călăuză, pe diferite sectoare caracteristice, determinate, de obicei, de punctele caracteristice ale terenului (puncte de cote maxime), (puncte de cote minime).

Declivitatea maximă admisă la proiectarea liniei este determinată de valoarea rezistenței maxime admise a liniei. Pe porțiunile de linie în aliniament, declivitatea maximă la proiectarea liniei este egală cu rezistența maximă admisă a traseului. Pe porțiunile din curbă, declivitatea maximă la proiectarea liniei se stabilește cu una din relațiile :

$$i_{mp} = i_0 - i_c \quad (V.1.a)$$

$$i_{mp} = i_{ot} - i_0 \quad (V.1.b)$$

$$i_{mp} = i_m - i_0 \quad (V.1.c)$$

în care :

i_0 - este declivitatea caracteristică a liniei;

i_{ot} - declivitatea caracteristică de trafic;

i_m - declivitatea liniei în cazul tracțiunii multiple;

i_c - declivitatea echivalentă cu rezistența produsă de curbă.

V.2. Proiectarea traseelor libere

Traseele de cale ferată situate în regiuni caracterizate prin declivități medii ale terenului mai mici decât declivitatea maximă admisă la proiectarea liniei, ar putea fi - teoretic - proiectate în aliniament; întîlnirea unor obstacole de suprafață, ce nu pot fi traversate decât cu prețul unui volum însemnat de lucrări de construcții, face necesară evitarea lor prin ocolire și abateră traseului de la direcția liniei călăuză.

Pentru proiectarea traseelor libere se fac următoarele recomandări :

1. Traseul se amplasează cât mai aproape de linia călăuză, pentru a se obține lungimea minimă posibilă. Orice deviere a traseului de la linia călăuză, precum și mărirea unghiului de abateră, trebuie justificată sub aspect tehnic și economic. Pentru stabilirea amplasamentului optim se proiectează două trasee de principiu: primul traseu traversează obstacolul, iar cel de al doilea traseu ocolește obstacolul (fig.V.3).

2. Dacă ocolirea obstacolului este obligatorie (centru populat, zone interzise pentru construcții etc), sau dacă prin ocolirea obstacolului se obțin avantaje însemnate, se recomandă ca vîrfurile de unghi să fie amplasate în apropierea obstacolului, ceea ce permite reducerea lungimii traseului la minimum necesar

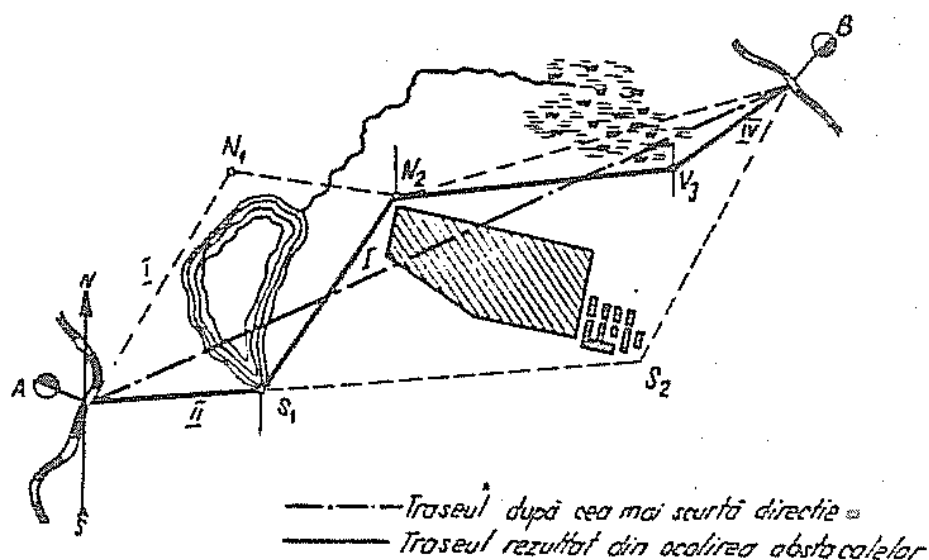


Fig. V.3. Proiectarea traseelor libere

3. Valoarea unghiului de abateră să fie cât mai mică pentru a se obține un traseu scurt (fig.V.4).

4. Platformele stațiilor se amplasează, pe cât este posibil, fără a devia traseul de la linia cea mai scurtă.

5. Pe sectoarele de traversare a obstacolelor de înălțime profilul în lung al liniei se poate prezenta sub una din următoarele trei forme (fig.V.5).

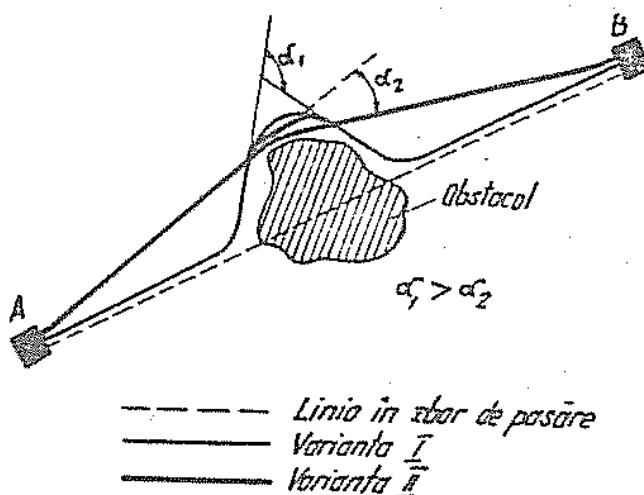


Fig. V.4. Proiectarea traseelor libere prin ocolirea obstacolelor

- declivitatea unică continuă (fig. V.5 a);
- declivități variabile crescătoare sau forma concavă (fig.V.5b)
- declivități variabile desorescătoare sau forma convexă (fig.V.5. c).

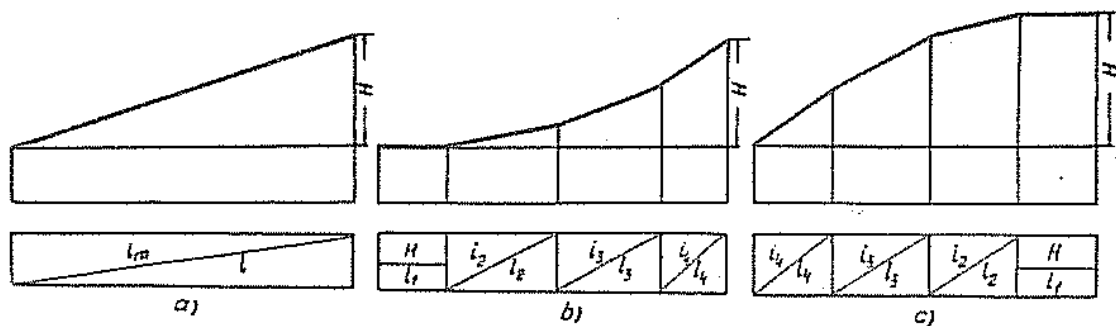


Fig. V. 5. Forme ale liniei în profilul în lung la trecerea peste un obstacol de înălțime

Calitățile acestor configurații diferite ale liniei în profilul în lung pot fi apreciate după criterii ca: timpul de parcurs, viteza finală realizată la vârful obstacolului, consumul de energie, lucrul mecanic al forțelor de tracțiune sau al rezistențelor întâmpinate la mers etc.

V.3. Proiectarea traseelor solicitate

Traseele solicitate (sau traseele cu înscriere forțată la teren) prezintă următoarele caracteristici :

- declivitatea medie a terenului de-a lungul liniei călăuză, este mai mare decât declivitatea maximă admisă la proiectarea liniei;
- declivitatea liniei are valori mari (de regulă peste $10^{\circ}/\infty$);
- necesită lungirea artificială a traseului (dezvoltarea traseului fig.V.6);

- construirea liniei necesită executarea unui volum mare de lucrări de construcții .

Proiectarea traseelor solicitate este o operație pretanțioasă sub aspect tehnic și economic și care să fie rezolvate numeroase probleme, printre care :

- determinarea lungimii minime a traseului;
- alegerea mijloacelor de lungire artificială a traseului;
- înscrierea corectă a traseului la teren.

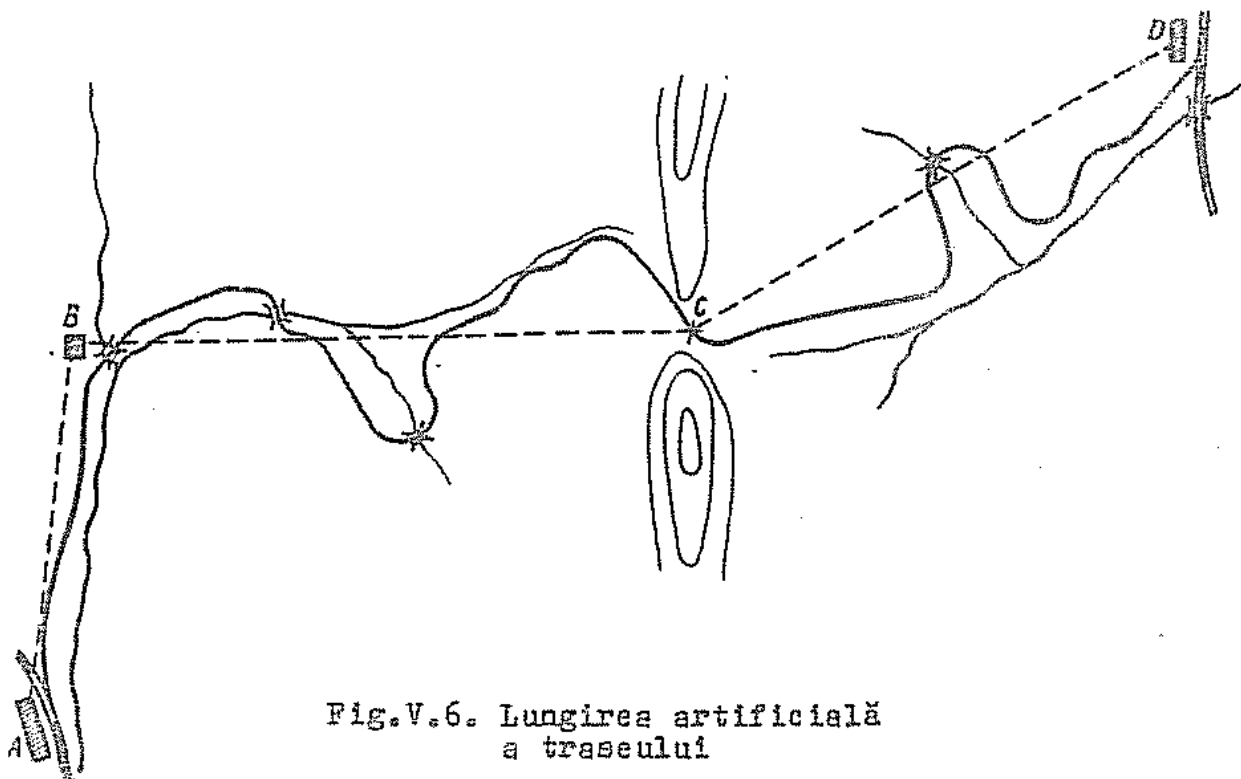


Fig.V.6. Lungirea artificială a traseului

V.3.1. Lungimea traseelor solicitate

Lungimea minimă a traseului solicitat, care unește două localități (puncte) situate la cota H_1 și respectiv H_2 , se obține - în primă aproximație - din relația :

$$L_{\min} = \frac{H_1 - H_2}{i_0} 1000 \quad (V.2 a)$$

în care :

$H_2 - H_1$ - este diferența de nivel a celor două localități ;

i_0 - declivitatea caracteristică a liniei, în ‰.

Dar, avînd în vedere că :

- firul văii poate fi trecut printr-un pod (rambleu) cu înălțimea h_r , iar culmea poate fi trecută printr-o tranșee cu adîncimea h_d , (fig.V.7)

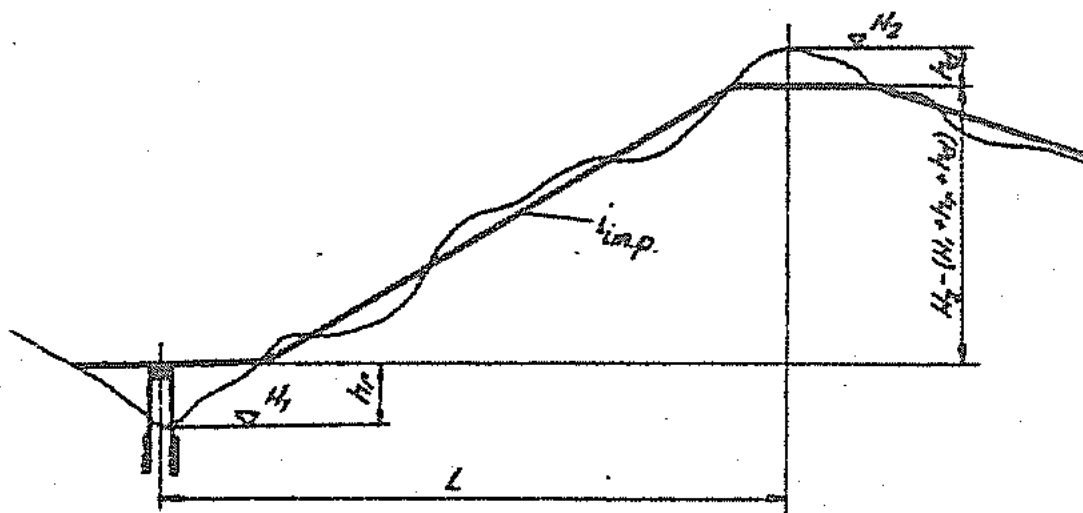


Fig.V.7. Stabilirea lungimii traseului ținînd seama de înălțimea rambleului și adîncirea tranșeei de culme

- la proiectarea liniei în curbă este necesară reducerea declivității cu o valoare echivalentă cu rezistența produsă de curbă (fig. (V.8).

- la amplasarea stațiilor, declivitatea liniei trebuie redusă la maximum 2‰ (fig.V.8).

- în zone tunelurilor declivitatea liniei se reduce cu o valoare echivalentă cu rezistența suplimentară produsă de tunel (fig.V.8), lungimea minimă a traseului se obține din relația :

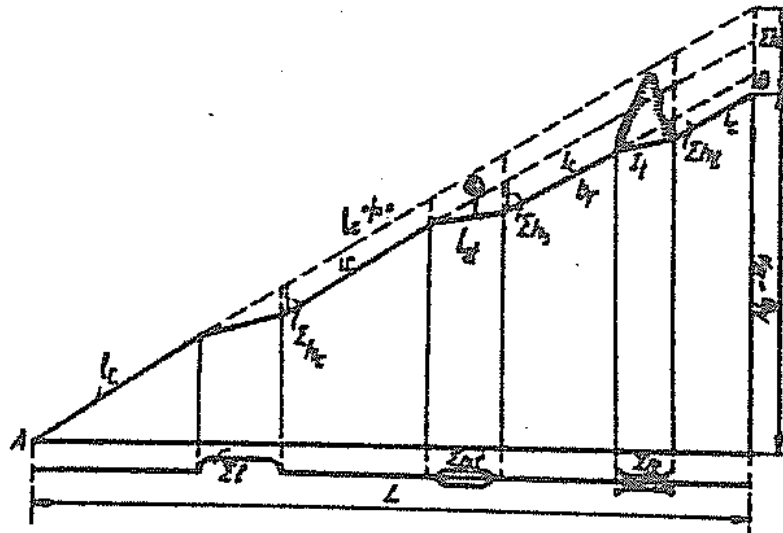


Fig. V.8. Pierderea de înălțime datorită reducerii declivității liniei în curbe, stații și tuneluri.

$$L_{\min} = \frac{(H_2 - H_1) - (h_r + h_d)}{i_r} \cdot 1000 \quad (V.2 b)$$

în care:

h_r - este înălțimea rambleului;

h_d - adâncimea tranșeei de culme;

i_r - declivitatea redusă, ținând seama de pierderea de înălțime datorită reducerii declivității liniei în curbe, puncte de secționare și tuneluri, în ‰.

Practic lungimea minimă a traseului nu se poate determina cu relația (V.2 b), deoarece în acest stadiu de proiectare nu se cunoaște i_r . De aceea pentru calculul lungimii minime a traseului se folosește o altă relație, și anume :

$$L_{\min} = \frac{(H_2 - H_1) - (h_r + h_d) + \sum h_o + \sum h_s}{i_o} \quad (V.2 c)$$

în care:

$\sum h_o$ - este suma pierderilor de înălțime datorite reducerii declivității liniei în curbe;

$\sum h_s$ - suma pierderilor de înălțime datorite reducerii declivității liniei în punctele de secționare;

h_r - înălțimea rambleului;

h_d - adâncimea tranșeei de culme;

i_o - declivitatea caracteristică, în ‰.

Valoarea $\sum h_0$ nu poate fi stabilită cu exactitate deoarece, în acest stadiu de proiectare, traseul nu este încă amplasat și deci nu se cunoaște lungimea și unghiul de centru al fiecărei curbe. De aceea, se pot lua în considerație următoarele valori :

$$\sum h_0 = 0,05 \cdot (H_2 - H_1), \text{ pentru relief de șes;}$$

$$\sum h_0 = 0,08 \cdot (H_2 - H_1), \text{ pentru relief de deal;}$$

$$\sum h_0 = 0,10 \cdot (H_2 - H_1), \text{ pentru relief de munte.}$$

De asemenea, nici valoarea $\sum h_g$ nu poate fi stabilită cu exactitate, întrucît nu se cunoaște numărul stațiilor și declivitatea liniei în stații. Se recomandă ca suma pierderilor de înălțime datorite, reducerii declivității liniei în stații să fie luată în funcție de diferența de nivel ce trebuie urcată și anume :

$$\sum h_g = (0,10 \dots 0,15) \cdot (H_2 - H_1)$$

Orientativ, valoarea înălțimii rambleului de vale se consideră:

$h_r = 5 \dots 8$ m, dacă lungimea rambleului este mare (peste 100 m);

$h_r = 10 \dots 15$ m, dacă lungimea rambleului este mică.

Valoarea adâncimii tranșeei de culme se consideră :

$h_d = 4 \dots 5$ m, dacă lungimea tranșeei este mare (peste 100 m);

$h_d = 8 \dots 10$ m, dacă lungimea tranșeei este mică.

Înălțimea rambleului de vale și adâncimea tranșeei de culme se stabilesc - în funcție de condițiile locale - urmărind o repartitie judicioasă a lucrărilor de terasamente.

V.3.2. Mijloace pentru lungirea artificială a traseului

La proiectarea traseelor solicitate se folosesc diferite mijloace pentru dezvoltarea artificială a traseului. În funcție de gradul de dezvoltare al liniei și de condițiile topografice, acestea se împart în două grupe :

- mijloace de dezvoltare simplă;
- mijloace de dezvoltare complexă.

Mijloacele de dezvoltare simplă sînt curbele îndreptate în sens contrar și care, de regulă, au unghiuri de abatere sub 90° .

Mijloacele de dezvoltare complexă sînt variate și se folosesc atunci cînd pentru învingerea înălțimii este necesar ca traseul să fie lungit artificial pe o distanță mare. Aplicarea unui mijloc sau a altuia depinde de condițiile topografice și de gradul necesar de dezvoltare a traseului.

Mijloacele de dezvoltare complexă a traseului sînt: bucla, serpentina, rebrusmentul, spirala și dezvoltarea în melc, (fig.V.9).

V.4. Studiul traseului

Studiul traseului pentru o linie de cale ferată începe, de regulă, printr-un studiu preliminar.

Studiul preliminar al traseului cuprinde următoarele faze: documentarea, studiul pe hartă, studiul pe teren (recunoașterea traseului) și elaborarea proiectului.

V.4.1. Documentarea

Documentarea este operația de strîngere a datelor necesare pentru elaborarea proiectului. Se strîng date privind: împărțirea administrativă a regiunii în care se construiește linia de cale ferată, căile de comunicație, dezvoltarea economică, relieful, condițiile geologice, hidrologice etc.

Datele necesare pentru studiul preliminar al traseului rezultă din cercetarea hărților și a planurilor din regiune, a anuarelor statistice, monografiilor, rapoartelor de activitate și a planurilor de perspectivă ale organizațiilor economice și administrative. Date importante de documentare se pot obține prin consultarea instituțiilor și a organizațiilor interesate în construirea liniei de cale ferată.

După strîngerea și sistematizarea materialului documentar se trece la studiul traseului pe hartă.

V.4.2. Studiul pe hartă

Studiul pe hartă are drept scop stabilirea traseelor posibile.

V.4.2.1. Studiul preliminar pe hartă

Se efectuează pe hărți la scara 1:100.000; 1:50.000 și 1:20 000, în funcție de relieful regiunii.

Din examinarea hărții se pot obține primele indicații privind volumul și caracterul traficului probabil de tranzit și local. Aceste date sînt necesare pentru stabilirea direcției de dezvoltare a traseului.

Se stabilesc punctele prin care este indicat ca traseul să treacă, precum și zonele ce trebuie ocolite fiind contraindicate pentru a fi traversate de o linie de cale ferată.

În felul acesta, din examinarea hărții, se dobîndesc o serie de direcții posibile de dezvoltare a traseului mai apropiate sau mai depărtate de linia în zbor de pasăre. De cele mai multe ori este posibil

lă stabilirea mai multor trasee care să satisfacă condițiile fixate prin tema de proiectare.

Cercetînd fiecare direcție posibilă de dezvoltare a traseului se stabilesc, în funcție de condițiile locale, declivitățile medii ale traseului.

Pentru o mai bună precizare a poziției traseului se trece la studiul detaliat al traseului pe hartă.

V.4.2.2. Studiul detaliat al traseului pe hartă

După ideea generală obținută în urma studiului sumar de cabinet, pe hărți la scară mică, se trece la un studiu mai amănunțit pe un plan, la o scară mai mare (la scara 1:20.000; sau 1:10.000). Pe un asemenea plan, este posibilă efectuarea unui studiu mai detaliat al traseului, în special în ceea ce privește adaptarea traseului la configurația terenului.

După ce s-au determinat direcțiile posibile de dezvoltare, studiul traseului continuă cu precizarea poziției liniei în raport cu configurația terenului, respectîndu-se condițiile tehnice și economice și anume :

- declivitatea traseului să nu depășească declivitatea maximă admisă la proiectarea liniei;
- volumul lucrărilor de terasamente să fie redus;
- volumul lucrărilor de artă să fie redus.;
- cheltuielile de construcție și de exploatare să fie minime.

La început se urmărește realizarea primelor două cerințe, urmînd ca restul cerințelor să fie luate în considerare mai tîrziu, la alegerea variantei definitive.

Pentru a se determina un traseu cu un volum minim de lucrări de terasamente, înseamnă a găsi un traseu cu o declivitate constantă astfel încît în axa acestui traseu să nu fie nici săpătură și nici umplutură. Axa acestui traseu se numește axa zero. Metoda prin care se stabilește axa zero poartă numele de metoda axei (liniei) zero.

Stabilirea axei zero pe o hartă sau pe un plan cu curbe de nivel este o operație grafică simplă. Se știe că între două curbe de nivel, linia de cea mai mare pantă este linia de cea mai scurtă, normală pe cele două curbe de nivel. Cunoșcînd scara hărții sau a planului, echidistanța curbelor de nivel (Δh) și lungimea liniei de cea mai mare pantă (d), se poate stabili declivitatea liniei de cea mai mare pantă în ° cu relația:

$$i_{\max} = \frac{\Delta h}{d} \cdot 1000$$

(V.3)

În mod analog se poate calcula declivitatea oricărei linii de pantă, determinată de două puncte, unul (a) situat pe o curbă de nivel și celălalt (b) situat pe curba de nivel imediat următoare (fig. V.10). Măsurând pe hartă (sau plan) distanța între cele două puncte (a,b), se poate calcula declivitatea liniei pe porțiunea a b în ‰, utilizând relația :

$$i = \frac{\Delta h}{a \cdot b} \cdot 1000 \quad (V.4)$$

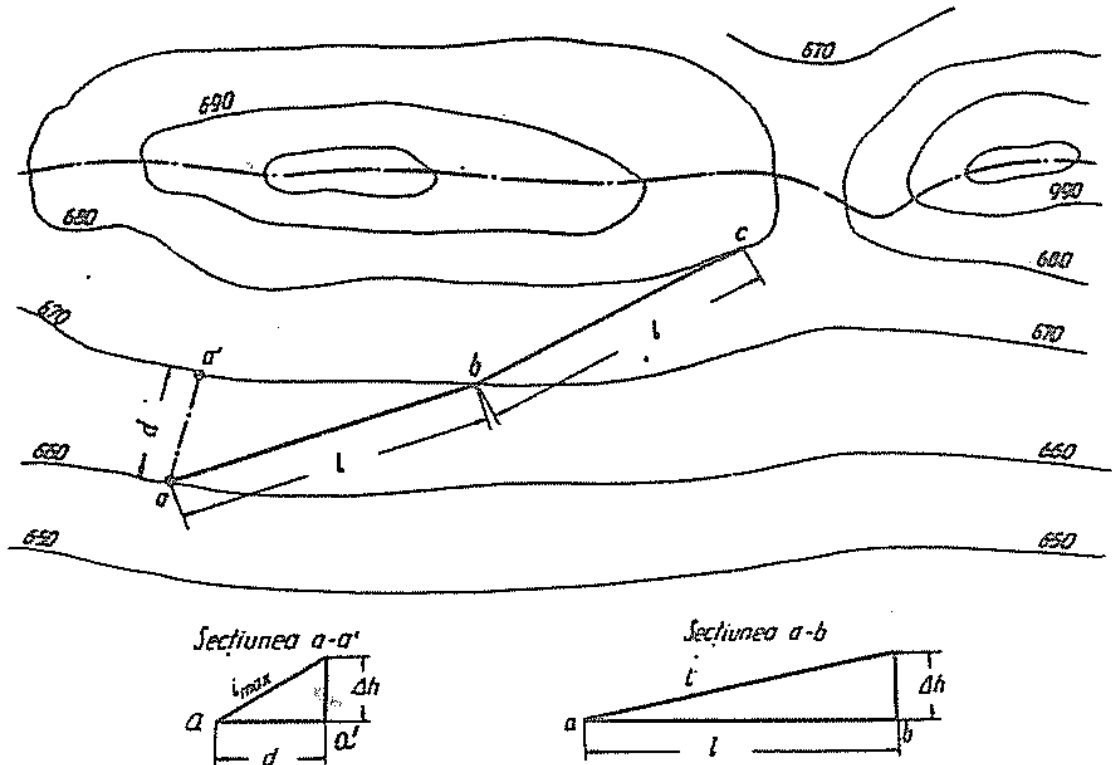


Fig.V.10. Linia de pantă

Si invers, cunoscând scara hărții (sau a planului), echidistanța curbelor de nivel și declivitatea liniei de pantă se poate determina distanța ce trebuie măsurată între două curbe de nivel pentru ca să se asigure o linie de pantă cu declivitatea dată :

$$l = \frac{\Delta h}{i} \cdot 1000 \quad (V.5)$$

Dacă se măsoară la scara hărții (sau a planului) distanța l , între curbele de nivel se va obține o linie frântă cu declivitate continuă, linie ce formează axa zero. Aceste considerațiuni stau la baza studiului traseului prin metoda axei zero.

Studiul detaliat al traseului pe hartă (sau pe plan) prin metoda axei zero se desfășoară în ordinea următoare :

1. Determinarea distanței dintre curbele de nivel în lungul axei zero. Mărimea distanței se trebuie lăsată între curbele de nivel pentru a se obține o declivitate continuă și constantă se stabilește din relația :

$$l = \frac{\Delta h}{i_{mp} - i_c} \cdot 1000 \quad (V.6)$$

în care:

Δh este echidistanța curbelor de nivel;

i_{mp} - declivitatea maximă admisă în proiectarea liniei, în ‰;

i_c - declivitatea echivalentă cu rezistența specifică a curbelor de pe traseu, în ‰.

Valoarea declivității echivalente cu rezistența curbelor de pe traseu depinde de mărimea razelor curbelor de pe traseu cât și de raportul dintre lungimea curbelor și lungimea întregului traseu. În primă aproximație se pot lua următoarele valori :

0,4-0,5‰ pentru regiunile cu relief de șes sau deal;

0,8-1,5‰ pentru regiunile cu relief de munte.

2. Stabilirea axei zero. Se ia între vîrfurile unui compas distanța l măsurată la scara hărții (sau a planului) și se pornește din punctul A spre punctul B, intersectînd curbele de nivel intermediare în punctele a, b, c..., toate situate la distanțe egale între ele (fig.V.11). Unind aceste puncte se obține axa zero de declivitate ($i_{mp} - i_c$).

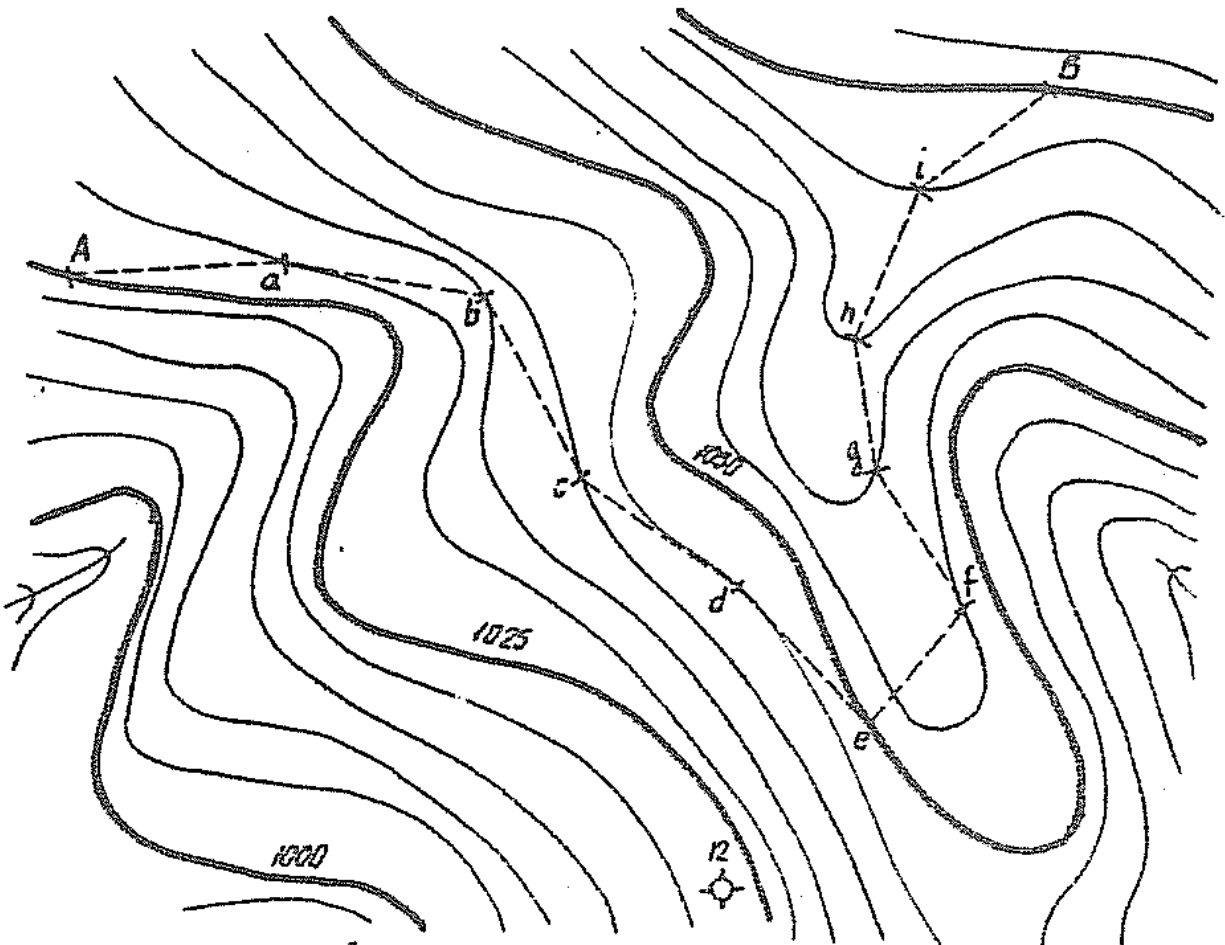


Fig.V.11. Stabilirea axei zero

Observații privind stabilirea axei zero :

a/. La determinarea axei zero se face o aproximație, și anume, distanța l corespunzătoare declivității maxime admise la proiectarea liniei, se măsoară în linie dreaptă, pe când adevărata axă zero se obține urmînd îndeaproape inflexiunile curbelor de nivel între care se înscrie.

b/. În funcție de condițiile locale pe o hartă sau plan cu curbe de nivel se pot stabili mai multe axe zero.

c/. Declivitatea axei zero poate fi schimbată pe sectoarele unde declivitățile terenului sînt diferite ca valoare, cu condiția ca declivitatea aleasă să nu depășească declivitatea maximă admisă la proiectarea liniei.

d/. Nu este obligatorie intersectarea tuturor curbelor de nivel intermediare . Se pot face excepții de la intersectarea unor curbe de nivel intermediare în următoarele situații :

- trecerea traseului peste cursul unei ape;
- trecerea traseului peste o culme sau platou;
- trecerea traseului peste un versant care prezintă pe sectoare scurte, fie povîrnișuri cu declivitate mare, fie terase sau porțiuni cu declivități foarte mici în raport cu declivitatea considerată la stabilirea axei zero;
- amplasarea platformelor pentru stații și haltele de mișcare;

e/. Amplasarea platformelor pentru punctele de secționare trebuie să constituie o preocupare încă de la stabilirea axei zero. Platformele stațiilor și haltelor de mișcare se amplacează la timpi de mers aproximativi egali. În modul acesta se asigură o capacitate maximă cu un număr minim de puncte de secționare. Normele tehnice obligă ca platformele stațiilor și a haltelor de mișcare să aibă o anumită lungime și să fie proiectate, pe cît este posibil, în aliniament și cu declivități mici. Ținînd seama de aceste cerințe tehnice, încă de la stabilirea axei zero, trebuie să se caute locuri potrivite pentru amplasarea stațiilor și haltelor de mișcare.

Distanța maximă dintre punctele de secționare, în ipoteza că pe sectorul dintre stații linia este în declivitate continuă și constantă, se stabilește, în primă aproximație, cu relația :

$$l_{\max} = \frac{(t_1 + t_2) - l_{st} \cdot t_{st}}{t_1} + l_{st} \quad [\text{km}] \quad (V.7)$$

unde:

(t_1+t_2) este timpul de mers în ambele sensuri de circulație, în minute;

l_{st} - lungimea platformei stației, în km;

t_{st} - timpul de parcurs 1 km, în ambele sensuri, atunci când linia se află în palier;

t_1 - este timpul de parcurs 1 km, în ambele sensuri atunci când declivitatea axei zero este $(i_{mp} - i_e)$.

Avînd în vedere că platforma stațiilor și a haltelor de mișcare se proiectează de obicei în palier, rezultă că lungimea maximă pe care se poate păstra o declivitate continuă și constantă este :

$$l_1 = l_{max} - l_{st} \quad (V.8)$$

Rezultă că la capătul distanței l_1 trebuie amplasată platforma unei stații sau a unei halte de mișcare.

Pentru aceasta se caută un loc unde curbela de nivel, sînt -pe cît este de posibil - paralele și nu prezintă inflexiuni importante ceea ce va permite proiectarea platformei în aliniament și palier. Studiul traseului cu ajutorul axei zero se oprește pe una dintre curbela de nivel ce reprezintă un relief favorabil pentru amplasarea platformei, și după ce se parcurge o distanță egală cu lungimea platformei stației sau a haltei de mișcare, se reia studiul axei zero de pe aceeași curbă de nivel.

Dacă curbela de nivel reprezintă un relief accidentat în care construirea platformei stației sau a haltei de mișcare în aliniament și palier ar necesita un volum important de lucrări de terasamente, atunci se admite amplasarea punctelor de secționare în curbă și în declivitate.

f/. Se poate întîmpla, ca distanța luată în vîrfurile compasului să fie mare în raport cu distanța dintre curbela de nivel, iar curbela de nivel să prezinte multe inflexiuni, ceea ce pot produce dificultăți la intersectarea lor. În asemenea cazuri se recomandă să se găsească unul sau mai multe puncte situate între două curbela de nivel vecine, prin care axa zero va trece în mod obligatoriu și care vor permite să se determine o axă zero îmbunătățită.

Aceste puncte, se obțin introducîndu-se una sau mai multe curbela de nivel ajutătoare între curbela de nivel de pe hartă sau plan și reducînd totodată distanța din vîrfurile compasului. Astfel, de exemplu, pentru a se obține un punct cuprins între două curbela de nivel de pe hartă sau plan se intersectează o curbă de nivel ajutătoare, iar

distanța lustră în compas se reduce la $0,5 l$ (fig.V.12 a). Pentru a obține două puncte prin care trece axa zero se intercalează două curbe de nivel ajutătoare, iar distanța lustră în compas trebuie redusă la $0,33 l$ (fig.V.12 b)

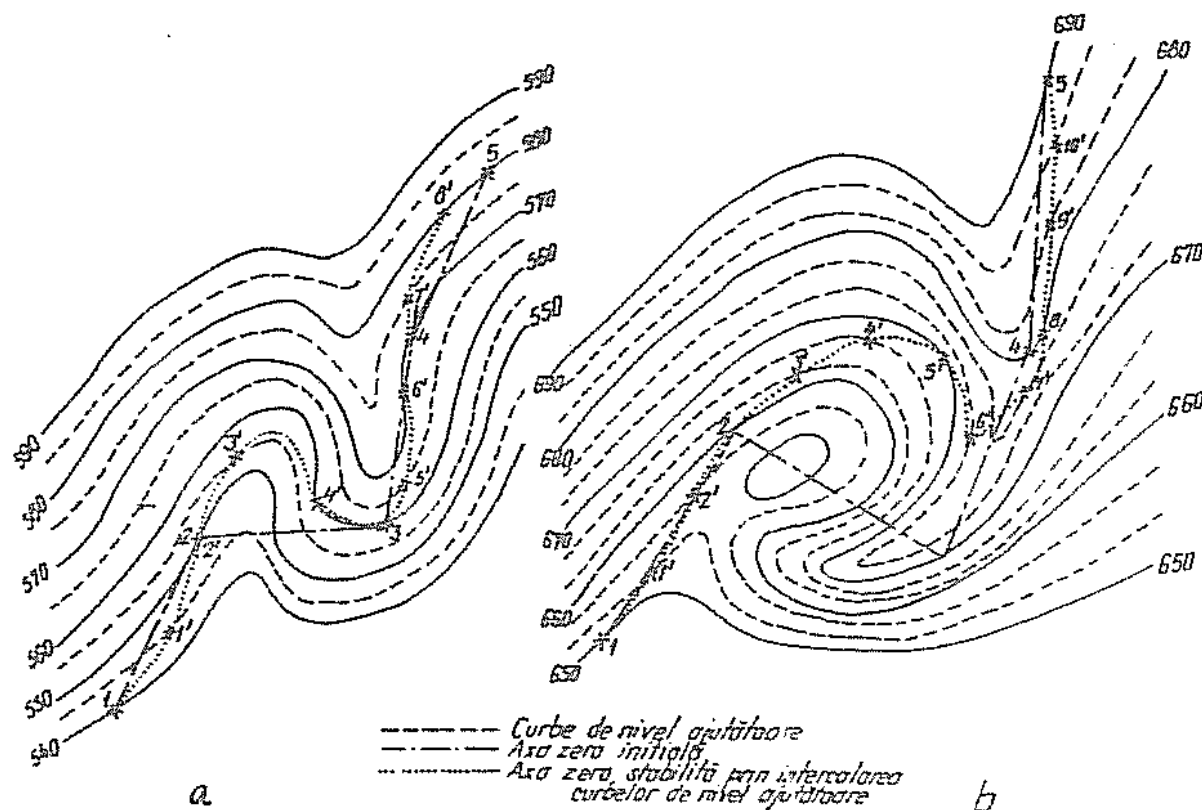


Fig.V.12. Stabilirea punctelor intermediare prin care trece axa zero prin intercalarea curbelor de nivel ajutătoare :

- a/. intercalarea unei singure curbe de nivel ajutătoare,
- b/. intercalarea a două curbe de nivel ajutătoare.

Poziția punctelor cuprinse între curbele de nivel prin care trece axa zero se poate stabili și fără intercalarea curbelor de nivel ajutătoare. Pentru a găsi punctul prin care trece axa zero, se descrie din punctul A cu raza $R = 0,5 l$ un arc de cerc $a_1 a_2$. Punctul căutat este punctul a, situat la mijlocul arcului de cerc (fig.V.13 a). La fel pentru a găsi trei puncte intermediare se duce din punctul A (fig.V.13 b) un arc de cerc $a_1 a_2$ cu raza $0,25 l$. Se împarte arcul de cerc în patru părți egale. Prin punctul 1 trece axa zero.

Pentru stabilirea poziției punctului următor se duce din punctul 1 cu aceeași rază un alt arc de cerc care se împarte în patru părți egale. Punctul 2 este cel de-al doilea punct prin care trece axa zero. Poziția celui de al treilea punct se stabilește ducând din punctul 2 un alt arc de cerc cu aceeași rază. Împărțind arcul de cerc în patru părți egale, axa zero va trece prin punctul 3.

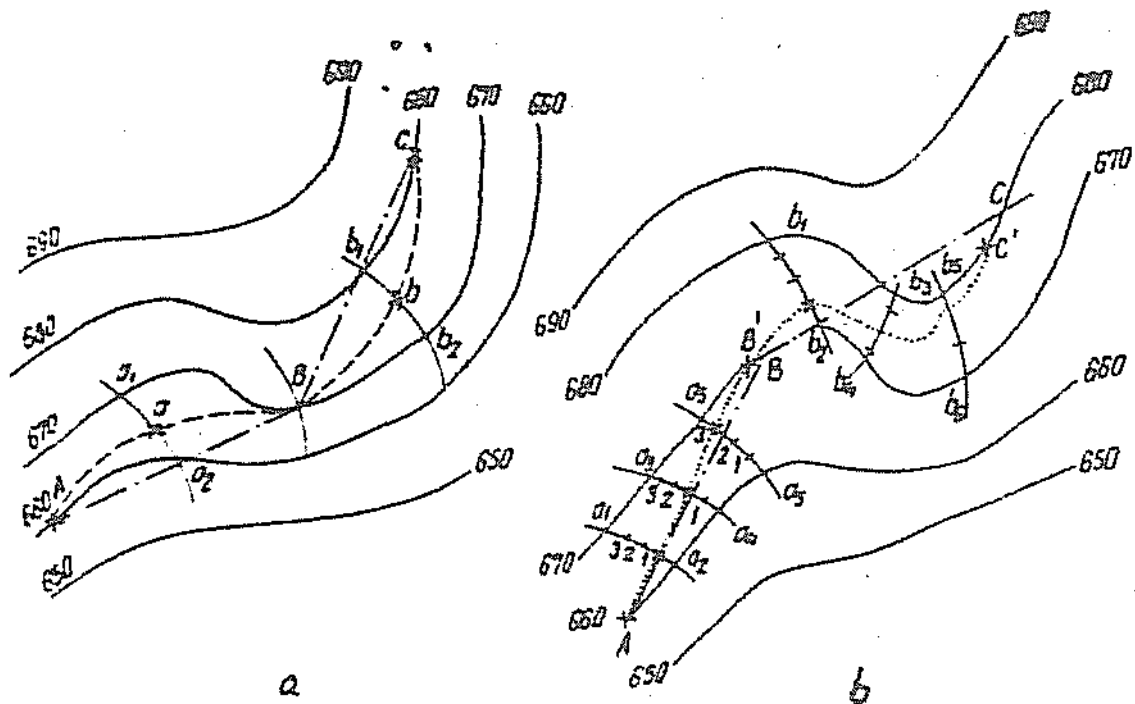


Fig.V.13. Stabilirea punctelor intermediare prin care trece axa zero fără intercalarea unor curbe de nivel ajutatoare

3. Înlocuirea axei zero prin contur polygonal

După ce s-au stabilit pe hartă sau pe plan mai multe axe zero cu declivități diferite, se alegea aceea axă zero care este mai apropiată de linia oălăuză și totodată este mai puțin sinuoasă. Deoarece, de obicei, axa zero reprezintă o linie șerpuită, este necesar ca aceasta să fie înlocuită printr-un contur polygonal așa cum se arată în figura V.14.

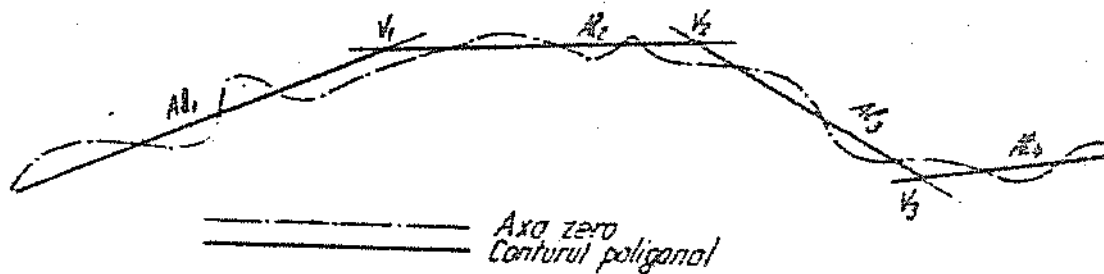


Fig.V.14. Înlocuirea axei zero printr-un contur polygonal

Conturul polygonal al traseului se obține înlocuind unele porțiuni din axa zero, care sînt apropiate de linia dreaptă, prin aliniamente. Se studiază posibilitățile de îmbunătățire a conturului polygonal prin corectări și schimbări de aliniamente, urmărindu-se să se obțină aliniamente care să permită înscrierea unor curbe cu raza cît mai mari.

Pentru creșterea unor condiții favorabile de exploatarea liniei se recomandă să se studieze :

- combinarea a două sau mai multor aliniamente care au orientări apropiate printr-un singur aliniament;
- desființarea aliniamentelor scurte prin prelungirea aliniamentelor vecine;
- obținerea unor unghiuri de abatere a aliniamentelor cât mai mici.

Aliniamentele conturului poligonal al traseului se intersectează în vîrfurile de unghi $V_1 V_2 V_3 \dots$. Se recomandă ca vîrfurile de unghi să cadă în afara axei zero pentru ca în felul acesta axa zero să poată fi înlocuită prin curbe care racordează aliniamentele.

4. Planul de situație al traseului primitiv. Pentru ca circulația materialului rulant să se poată efectua, este necesar ca aliniamentele conturului poligonal să fie racordate între ele prin curbe cu raze cât mai mari, care să urmărească îndeaproape axa zero. Se recomandă ca înlocuirea axei zero prin aliniamente și curbe să se facă în așa fel încît de o parte și de alta să rămînă suprafețe aproximativ egale, limitate de axa zero (fig.V.15). Această măsură asigură micșorarea diferenței dintre volumul lucrărilor de terasamente în săpătură și volumul lucrărilor de terasamente în umplură.

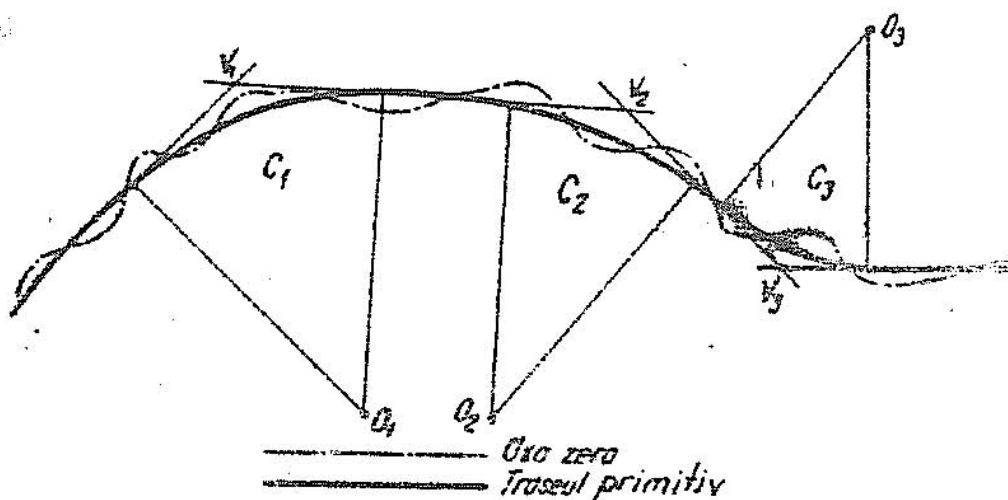


Fig.V.15. Planul de situație pentru traseul primitiv

Datorită întocmirii axei zero prin aliniamente racordate prin curbe, rezultă un traseu cu o lungime mai mică decît a axei zero. Din această cauză traseul va avea o declivitate mai mare decît declivitatea ($i_{ap} - i_0$) luată ca bază la ducerea axei zero.

Distanțele măsurate între vîrfurile de unghi trebuie să fie suficient de lungi pentru ca să permită: introducerea unei curbe circulare cu rază cît mai mare, intercalarea între aliniamente și curbele circulare a unor curbe de recordare și, în sfîrșit, obținerea unor aliniamente de redresare între capetele a două curbe de recordare.

Traseul alcătuit din curbe arc de cerc și aliniamente este denumit traseu primitiv, iar traseul alcătuit din aliniamente și curbe arc de cerc prevăzute cu racordări la capete este denumit traseu definitiv.

Raza curbilor se alege prin încercări cu ajutorul unor florare circulare (șabloane sau tipare), suprapunînd curba circulară peste axa zero.

Elementele principale ale curbei se determină astfel: unghiul de abatere al aliniamentelor se măsoară pe hartă cu raportorul, sau se determină prin construcții geometrice, raza curbei circulare de racordare a aliniamentelor se alege în funcție de categoria liniei, condițiile topografice și mărimea unghiului de abatere, iar restul elementelor curbei se calculează în funcție de mărimea razei curbei și a unghiului de abatere.

După ce s-au stabilit punctele ce marchează începutul și sfîrșitul curbilor circulare, se determină lungimea traseului primitiv și se kilometrează traseul. Pentru aceasta se măsoară pe hartă, cu cea mai mare precizie, lungimea alinimentelor. Lungimile curbilor circulare se stabilesc prin calcul. Dacă studiul preliminar al traseului se efectuează pe un plan la o scară mare (de exemplu 1:10.000), se așază picheti din 100 în 100 metri și se numerotează (fig.V.16 a).

Dacă studiul preliminar al traseului se face pe hartă la scară mică (de exemplu 1:100.000 sau 1:50.000) atunci se fixează poziția pichetilor hectometrici fără a se face numerotarea lor (fig.V.16 b).

Se face o verificare a kilometrajului: lungimea aliniamentelor însumată cu lungimea curbilor, trebuie să fie egală cu lungimea traseului.

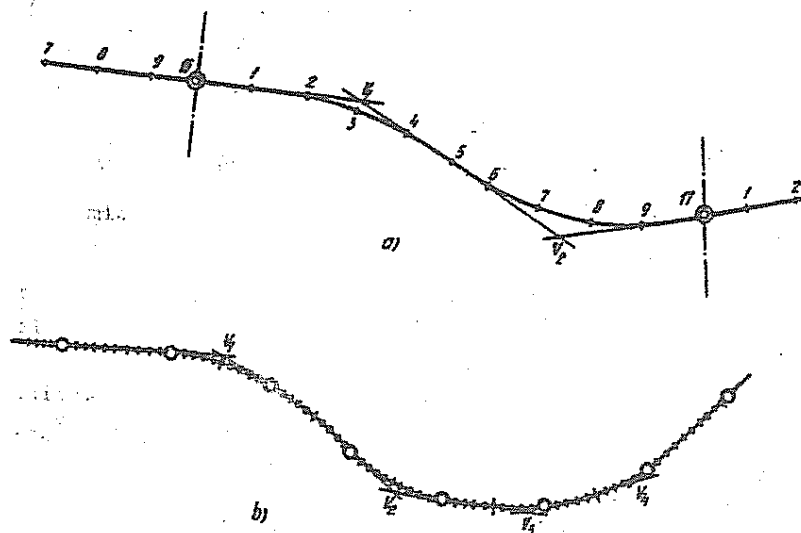


Fig.V.16. Pichetarea traseului primitiv

a/. traseu primitiv la scara 1:10.000

b/. traseu primitiv la scara 1:50.000

V. Profilul în lung al traseului primitiv

Pentru fiecare traseu studiat pe hartă sau pe planul cu curbe de nivel se întocmește un profil în lung schematic pe care se așază linia roșie sau nivelata viitorului traseu. Profilul în lung al traseului primitiv cuprinde numai datele strict necesare pentru studiu, și anume: declivități (în ‰) și lungimi (în metri), cotele platformei căii, cotele terenului, poziția kilometrică, kilometrajul, aliniamente - curbe.

Profilul în lung al traseului se întocmește pe hîrtie milimetrică (sau calc milimetric), conform STAS 4958-68.

Întocmirea profilului în lung începe cu completarea rubricilor "kilometraj" și "aliniamente-curbe".

Datele necesare pentru completarea rubricii aliniamente-curbe se iau din planul de situație.

Apoi se desenează linia terenului. Pentru aceasta se stabilesc cotele terenului, în următoarele puncte caracteristice: în punctele de intersecție ale traseului cu curbele de nivel, în punctele terenu-

lui de cote maxime și minime, în dreptul pîcheților care marchează în dreptul tangentei de intrare și de ieșire din curba circulară (fig.V.17).

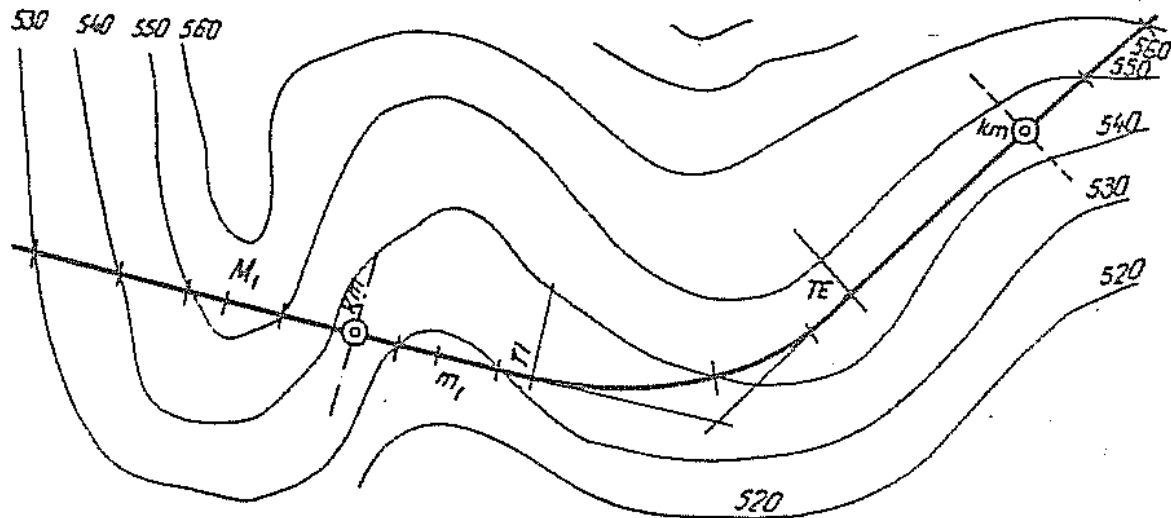


Fig.V.17. Punotele caracteristice ale traseului

Unind prin linii drepte punotele caracteristice ale terenului, se obține linia terenului pentru traseul primitiv.

După ce s-a desenat linia terenului se trece la fixarea niveletei căii. Această operație este cunoscută sub denumirea de fixarea liniei roșii sau a niveletei. Stabilirea niveletei se face respectînd condițiile și normele tehnice și cerințele economice privind proiectarea liniei de cale ferată. Dată fiind varietatea condițiilor ce influențează așezarea niveletei, nu pot fi stabilite reguli pentru fixarea niveletei care să fie valabile în toate cazurile. În linii generale, la așezarea niveletei se urmărește realizarea unui volum minim de lucrări de terasamente și o cît mai bună compensare între săpături (debleuri) și umpluturi (ramblee), fără ca prin aceasta să se abuzeze de prea multe schimbări de declivitate. În general, este de dorit ca linia să se găsească într-un rambleu nu prea înalt, pentru că în acest caz se pot elimina șanțurile de scurgere a căror întreținere este dificilă, se micșorează pericolul de înzăpezire a liniei. Întreținerea liniei este mai lesnicioasă, iar platforma căii împreună cu terasamentele sînt expuse soarelui și vîntului, ceea ce contribuie la reducerea umidității.

Fixarea niveletei este influențată de poziția traseului în planul de situație. De aceea, așezarea niveletei se face ținînd seama de poziția căii în planul de situație și linia terenului în profilul în lung.

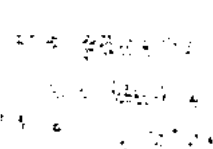


Fig. V.18. Îmbunătățirea traseului primitiv prin considerarea concomitentă a poziției liniei în planul de situație și în profilul în lung

Se pot aduce traseului îmbunătățiri importante studiind poziția traseului în planul de situație concomitent cu poziția sa în profilul în lung (fig.V.13). Uneori datorită unor dificultăți (de exemplu: volumul mare de lucrări de terasamente, imposibilitatea de a asigura înălțimes necesară la traversarea cursurilor de apă sau a altor căi de comunicații), este necesară refacerea sau chiar abandonarea studiului pe anumite porțiuni. De aceea, se recomandă ca studiul detaliat al traseului să se facă pe sectoare cu o lungime de circa 4-5 km.

V.4.3. Studiul pe teren

După ce s-a terminat studiul traseului primitiv pe hartă sau pe plan, se trece la studierea acestuia pe teren.

Studiul pe teren trebuie să corespundă în cele mai bune condiții cerințelor de construcție, întreținere și exploatare a liniei. Colectivele de studii pe teren ale traseelor de căi ferate studiază traseul în raport cu condițiile locale de amplasare, astfel încât indicațiile planurilor, întregite de observațiile și cercetările directe făcute pe teren, să conducă la adoptarea unei soluții tehnice și economice optime.

Studiul preliminar al traseului pe teren are drept scop să stabilească dacă traseul studiat pe hartă este realizabil și totodată să culeagă datele necesare pentru elaborarea proiectului de execuție. Prin studiul preliminar al traseului pe teren se face o identificare și recunoaștere pe teren a diverselor soluții studiate pe hartă, de aceea această operație pe teren se mai numește recunoașterea traseului pe teren.

Studiul preliminar al traseului pe teren comportă următoarele operații pregătitoare :

- a/. strângerea datelor economice principale privitoare la zona de trecere a liniei;
- b/. alegerea și studierea hărților topografice și a datelor diferitelor ridicări și cercetări;
- c/. strângerea și studierea datelor cercetărilor anterioare
- d/. obținerea coordonatelor reperelor permanente;
- e/. studiul variantelor pe hărți topografice și planuri cotate, compararea lor și alegerea variantelor celor mai raționale pentru studiul lor pe teren;
- f/. strângerea instrucțiunilor, indicațiilor, literaturii și a materialului de informații.

Studiul preliminar al traseului pe teren (recunoașterea pe teren) se execută de o echipă complexă formată din: proiectanți, topografi, geotehnicieni și hidrologi.

Echipa identifică traseele studiate, conducându-se după detaliile planimetrice care apar pe hartă sau pe planul cu curbe de nivel și care pot fi găsite cu ușurință pe teren, ca: șosele, poduri, construcții industriale etc. Echipa de recunoaștere trebuie să parcurgă în întregime toate traseele studiate pe hartă.

La efectuarea studiului preliminar al traseului pe teren se urmărește :

a/. stabilirea condițiilor în care noul traseu urmează a fi racordat la rețeaua existentă de căi ferate;

b/. cercetarea topografică a regiunii pentru stabilirea orientării generale a traseului și a eventualelor variante de trasee;

c/. stabilirea necesităților și posibilităților de evitare sau de traversare a centrelor populate sau industriale, precum și a zonelor de dezvoltare;

d/. alegerea și fixarea amplasamentelor stațiilor și a haltelor de mișcare care vor deservi aceste centre;

e/. evitarea înscrierii traseului pe terenuri necorespunzătoare (mecirloase, inundabile, nestabile etc);

f/. alegerea și stabilirea poziției eventualelor trasee noi;

g/. alegerea și stabilirea punctelor celor mai potrivite pentru traversarea văilor și a cursurilor de ape mijlocii și mari.

Studiul traseului pe teren trebuie să înceapă cu porțiunile dificile ale traseelor studiate pe hartă sau pe planul director. Este posibil ca dificultățile ivite pe aceste porțiuni să fie atât de mari, încât să ducă la concluzia că traseul studiat pe hartă este inaplicabil pe teren și atunci se scutesc alte operațiuni.

La studiul preliminar al traseului se examinează cu deosebită atenție toate punctele dificile ale traseului cum sînt: traversarea culmilor de deal și munte, traversarea cursurilor de ape mari, traversarea regiunilor inundabile, traversarea terenurilor alunecătoare etc. Studiul traseului pe porțiuni dificile permite să se stabilească dacă traseul studiat pe hartă este realizabil.

Echipa de studiu a traseului, concomitent cu recunoașterea traseului, culege și date informative și cercetază climatologia regiunii, regimul apelor, modul de comportare a diverselor construcții, mijloacele de transport din regiune, perspectivele de dezvoltare în viitor ale transportului, sursele pentru procurarea materialelor de construcții (cariere de piatră, nisip, piatră de construcție etc), posibilitățile de recrutare a forțelor de muncă, condițiile de cazare, hrană etc.

V.5. Elaborarea proiectului

După studiul traseului în raport cu condițiile locale de amplasare, și ținând seama de indicațiile hărților întregite cu observațiile și cercetările directe pe teren, se trece la elaborarea proiectului.

Proiectul cuprinde : piese scrise și piese desenate și anume:

- memoriu tehnic-justificativ;
- planul general de ansamblu cu studiul comparativ al traseelor cercetate;
- planul de situație și profilul în lung al traseului propus, inclusiv amplasamentul lucrărilor de construcții aferente și anexe;
- profilul transversal, tip al infrastructurii și suprastructurii căii și profilurile transversale caracteristice;
- calculul elementelor traseului și al terasamentelor;
- liste, tipul și dimensiunile caracteristice ale principalelor construcții aferente sau anexe ale căii;
- tabelă comparativă privind valoarea aproximativă a investițiilor totale și a obiectelor principale.

Memoriu tehnic-justificativ, cuprinde justificarea și descrierea soluției proiectate precum și modul cum s-a ajuns la alegerea ei.

Memoriu tehnic justificativ cuprinde date privind: recunoașterea liniei de cale ferată (denumirea, amplasarea și caracteristicile liniei), justificarea necesității și utilității investiției și descrierea soluțiilor studiate (variante). În memoriu se arată în mod comparativ avantajele și inconvenientele fiecărei variante. Pe baza unei comparații tehnico-economice a acestor variante se alege traseul care reprezintă soluția tehnică și economică optimă.

În memoriul tehnic justificativ se sintetizează rezultatele studiilor pe hartă și pe teren.

Planul general de ansamblu cu studiul comparativ al traseelor cercetate, se întocmește, de regulă, la scara 1:100.000, 1:50.000 sau 1:20.000, în funcție de relieful regiunii. Traseele se numerotează cu cifre romane și se desenează în culori diferite.

Planul de situație și profilul în lung al traseului propus, inclusiv amplasamentul lucrărilor de construcții aferente și anexe, se întocmește alegând pentru lungimi scara 1:20.000 sau 1:10.000 și pentru înălțimi scara 1:2.000, sau 1:1.000. Planul de situație se întocmește în conformitate cu prescripțiile cuprinse în STAS 3989-68, (3989/1, 3989/2, 3989/3, 3989/4 și 3989/5), iar profilul în lung se

întocmește în conformitate cu prescripțiile din STAS 4958-68.

Lucrările de infrastructură și suprastructură a căii, care nu se pot desena cu forme lor reală pe planurile de situație sau pe profilul în lung, se vor reprezenta prin semne convenționale.

Profilul transversal tip al infrastructurii și suprastructurii căii și profilele transversale speciale se indică și se întocmesc în conformitate cu prescripțiile cuprinse în STAS 3197-71 (3197/1, 3197/2).

Calculul terasamentelor se face în ipoteza că terenul este orizontal în profil transversal. Pentru calculul suprafețelor profilurilor în linie curentă se folosesc tabele, fie șpace. În cuprinsul stațiilor și al haltelor de mișcare se va avea în vedere un plan tip de stație, respectiv haltă de mișcare, pentru calculul suprafețelor profilelor transversale.

Lista, tipul și dimensiunile caracteristice ale principalelor construcții aferente sau anexe ale căii constă dintr-o tabelă aranjată pe:

- poduri, podete și viaducte cu deschiderile și lungimile respective care se cumulează ;
- tuneluri cu lungimile respective și cumulate.

Lista cu tipul și dimensiunile caracteristice ale principalelor construcții aferente sau anexe ale căii reprezintă antemăsurătoarea lucrărilor și servește la stabilirea costului aproximativ al lucrărilor.

Tabele comparative privind valoarea aproximativă a investițiilor totale și a obiectelor principale servește la compararea diferitelor trasee posibile din punct de vedere al cheltuielilor de investiție și se întocmește pe următoarele capitole de cheltuieli:

1. Studii.
2. Expropieri și despăgubiri.
3. Terasamente.
4. Apărări și consolidări.
5. Lucrări de artă: poduri, viaducte, podete, pasaaje.
6. Tuneluri.
7. Material de cale: balast, traverse, material mărunț, schimbătoare de cale etc.
8. Poza și balastarea liniei și a schimbătoarelor de cale.
9. Clădiri și instalații în stații și în linie curentă.
10. Alimentări: puțuri, castele de apă, pompe, coloane hidraulice;

11. Lucrări necesarii: telegraf, telefon, semnalizare, plăci horetometrice și kilometrice, indicatori, plăci de hoar.
12. Material rulant: locomotive, vagoane.
13. Construcții de depouri pentru locomotive și de stații de reparatii în stațiile principale.
14. Personal și echipamentul general.
15. Diverse și neprevăzute.

Pe baza unor comparatii tehnice - economice a variantelor proiectate, se alege traseul care satisface cel mai bine cerințele tehnice și economice; linia de cale ferată care corespunde acestui traseu va fi propusă spre a fi construită.

Capitolul VI

COMPARAREA VARIANTELOR

VI.1. Principii de compararea a variantelor

În procesul de proiectare a unei linii de cale ferată, de cele mai multe ori pot fi găsite mai multe soluții tehnice, fiecare răspunzând condițiilor și cerințelor stabilite prin tema de proiectare, dar în același timp deosebindu-se prin: concepția de proiectare, volumul de lucrări, timpul de execuție, cheltuielile de investiție, cheltuielile de exploatare etc.

Marea varietate a condițiilor locale exercită o influență hotărâtoare asupra proiectării liniei în planul de situație și profilul în lung. Totodată pentru asigurarea traficului de mărfuri și călători care este în continuă creștere, în procesul de proiectare pot să apară diferite soluționări în ce privește stabilirea principalelor elemente tehnice caracteristice ale liniei ca: scartamentul căii, categoria liniei, tipul de locomotivă, mărimea rezistenței caracteristice, direcția de dezvoltare a traseului și modul de legare a liniei proiectate la rețeaua de cale ferată existentă, tipul diferitelor construcții și instalații etc.

În funcție de modul în care s-a rezolvat tema de proiectare pot să apară diferite soluții tehnice care determină pentru fiecare linie anumite valori pentru indicatorii tehnici (de construcție și exploatare) și economiici ai liniei.

Pe de altă parte, numărul soluțiilor depinde și de faza de proiectare, adică gradul de detaliere a temei de proiectare. Când prin tema de proiectare au fost fixate numai condițiile și datele esențiale ca de exemplu: felul tracțiunii, scartamentul căii și capacitățile liniei, soluțiile sînt mai numeroase decît atunci cînd prin tema de proiectare au fost impuse anumite caracteristici tehnice de construcție și exploatare ca: rezistența caracteristică, raza minimă, viteza de circulație etc. În primul caz, condițiile de bază pot fi realizate în diferite ipoteze de rezistență caracteristică, iar în cadrul rezistenței caracteristice, cu diferite raze minime ș.a.m.d.

Fiecare soluție determină o anumită variantă de proiect. Variantele trebuie să satisfacă tema de proiectare și să fie comparate între ele în vederea găsirii variantei optime.

După importanța pe care o au și caracterul principalelor indicatori, în rezolvarea problemelor de transport se disting trei tipuri

de variante: variante republicane, variante principale și variante locale.

Variantele de importanță republicană se caracterizează prin modul radical diferit în care se soluționează principalele probleme privind satisfacerea nevoilor de transport. Variantele de însemnătate republicană exercită o influență deosebită și diferențiată asupra dezvoltării economiei naționale și a volumului probabil al transporturilor. Această categorie cuprinde variantele care se deosebesc între ele prin: felul mijlocului de transport, punctele de joncțiune la rețeaua de cale ferată, prin includerea sau excluderea anumitor centre economice de mare importanță etc.

Variantele principale (numite și variante de bază) se caracterizează prin înzestrarea tehnică a liniei, prin influența pe care o exercită asupra rețelei de cale ferată, prin condițiile specifice de deservire a regiunii străbătute și prin caracterul traficului.

Variantele principale se deosebesc între ele prin principalele elemente tehnice caracteristice ale liniei. În această categorie intră și variantele de traversare a culmii cu sau fără tunel.

Variantele locale ale traseului sînt situate pe anumite porțiuni nu prea lungi ale traseului de bază, au o însemnătate locală și nu exercită nici-o influență asupra direcției generale de dezvoltare a traseului. Variantele locale ale traseului pot fi considerate: dezvoltarea traseului pe o parte sau cealaltă a unei văi, ocolirea unei regiuni nefavorabile sub aspect geologic sau străbateră a acestora, amplasarea diferitelor construcții și instalații ale căii etc.

Avîndu-se în vedere multitudinea și varietatea variantelor ce pot să apară în soluționarea temei de proiectare, de multe ori nu se poate realiza o strictă delimitare între diferitele categorii de variante.

Pentru ca studiile să nu fie prea mult lărgite, deoarece în acest caz ar necesita un efort mare de proiectare, la baza temei de proiectare stau studiile tehnico-economice preliminare, care permit eliminarea unor variante necorespunzătoare încă din prima fază, creînd astfel posibilitatea precizării temei de proiectare.

În practica proiectării căilor ferate rar se întîmplă ca o anumită variantă să fie mai bună decît celelalte din toate punctele de vedere sau ca toate variantele să fie egale între ele sub toate aspectele. În mod obișnuit obținerea unor indicatori superiori se realizează pe seama înrăutățirii altora. Astfel, de exemplu, într-un

teren accidentat, scurtarea traseului se obține de obicei pe seama sporirii volumului lucrărilor de investiție, micșorarea cheltuielilor de investiție pe seama înrăutățirii condițiilor de exploatare, ș.a.m.d.

Cînd variantele ce se compară sînt aproximativ de aceeași valoare în ceea ce privește satisfacerea cerințelor de ordin social - administrativ și strategic, compararea lor se face după particularitățile lor, pe baza unor indicatori tehnici (de construcție și exploatare) și economici.

Indicatorii tehnici și economici reprezintă principalele caracteristici cantitative și calitative ale traseului.

Indicatorii cantitativi ai traseului pot fi indicatori naturali (volumul lucrărilor de terasamente, consumul de energie electrică etc) și indicatorii valorici exprimați în formă bănească (costul lucrărilor de terasamente, costul consumului de energie electrică etc).

Indicatorii calitativi se iau în considerare în situațiile în care este greu să se facă o apreciere a variantelor ^{numai} pe baza indicatorilor cantitativi. Exemple de indicatori calitativi: gradul de satisfacere a nevoilor de transport din regiune, creșterea nivelului producției industriale și agricole, utilizarea forței de muncă din regiune.

Din punct de vedere al exploatării, indicatorii cei mai importanți care intervin în compararea variantelor sînt:

- gradul de satisfacere al nevoilor de transport din regiune, legătura cu celelalte căi de comunicație din regiune;
- integrarea variantei în rețeaua de căi ferate existente;
- capacitatea liniei (capacitatea de circulație și capacitatea de transport) și modul în care se asigură sporirea capacității liniei.

- caracteristicile mai importante de utilizare a materialului rulant ca: timpul de mers, vitezele de circulație, consumul de combustibil și energie electrică, normele de tonaj și unificarea acestora în stațiile de joncțiune, rulejul vagoanelor, turnusul locomotivelor, necesarul de material rulant.

Din punct de vedere constructiv, indicatorii cei mai importanți care se iau în considerare la compararea variantelor sînt:

- lungimea liniei și principalele caracteristici ale liniei în planul de situație ca: raza minimă, gradul de sinuozitate, distanța medie, maximă și minimă între punctele de secționare de

diferite categorii sau în profilul în lung: declivitatea caracteristică, coeficientul de dezvoltare al traseului gradul de utilizare a declivității caracteristice, sectoare cu declivitate multiplă etc;

- volumul lucrărilor de terasamente, suprastructură, lucrări de artă, precum și alte lucrări de construcție și instalații;

- caracterul lucrărilor de construcții (gradul de concentrare, greutate în execuție care să facă necesar un utilaj special etc) și existența unor sectoare nefavorabile sub aspect geologic, hidrologic, climateric etc., care ar putea influența asupra timpului de execuție;

- posibilitățile de organizare a lucrărilor de construcție: materialele forța de muncă și utilajul necesar;

- durata de execuție și termenul de darea liniei în exploatare provizorie și definitivă.

Din punct de vedere economic se iau în considerare următorii indicatori :

- cheltuielile capitale de investiție inițiale necesare pentru darea liniei în exploatare, și ulterioare necesare pentru sporirea pentru sporirea capacității liniei;

- cheltuielile anuale de exploatare și dinamica lor corespunzătoare traficului în creștere;

- prețul de cost al transportului și dinamica prețului de cost în perspectivă.

Deosebit de acești indicatori mai trebuie să fie identificate și particularitățile diverselor variante care se compară cum ar fi: amplasarea liniei în condiții de deplină stabilitate, amplasarea stațiilor și haltelor de mișcare în aliniament și declivitate cât mai mică, ocuparea unor suprafețe de teren din circuitul agricol etc.

Compararea variantelor trebuie să se facă ținând seama de complexitatea avantajelor și dezavantajelor identificate, precum și de importanța (pondera) mai mare sau mai mică pe care o au diferite caracteristici în apăsarea de ansamblu a variantei. Astfel de exemplu, cu cât este mai mare volumul transporturilor cu atât în comparația variantelor indicatorii economici și de exploatare capătă o pondere mai mare, iar cu cât volumul transporturilor este mai mic și cu cât termenul de darea liniei în exploatare este mai scurt cu atât mai importanți devin indicatorii tehnici de construcție.

În general nu este indicat a se efectua compararea variantelor prin opunerea avantajelor constructive celor de exploatare; ambele aspecte ale problemei trebuie să fie luate în considerație concomitent.

Uneori din studiul comparativ pot rezulta variante cu avantaje deosebit de importante care însă se abat în unele privințe de la tema de proiectare. În acest caz, alegerea definitivă se face numai după sesizarea titularului investiției, care pe baza documentației, furnizate de către proiectant și a avizului forurilor tehnice de resort, va hotărî dacă modificările de temă preconizate pot fi sau nu acceptate.

Pentru ca variantele să poată fi comparate este necesar ca acestea să fie puse în condiții de egalitate, adică : să satisfacă în aceeași măsură cerințele impuse prin tema de proiectare, proiectele să fie elaborate la același grad de detaliere, iar spre sfârșitul perioadei de comparare, toate variantele să asigure aproximativ aceeași capacitate de circulație și de transport. Dacă variantele au capacități diferite, atunci pentru a putea fi comparate, trebuie să fie luate în considerare toate măsurile și investițiile ulterioare necesare pentru ca variantele să fie aduse aproximativ la aceeași capacitate de circulație și transport.

VI.2. Metoda de comparare a variantelor

VI.2.1. Compararea variantelor pe baza indicatorilor tehnico - economici

Pentru ca, prin compararea variantelor, să se obțină rezultate cât mai exacte, ar trebui să fie luate în considerare totalitatea indicatorilor tehnici (de construcție și exploatare) precum și economici. Cum însă numărul acestor indicatori este foarte mare și variat, însemnătatea multora greu de evaluat, iar unii indicatori nu pot fi exprimați în forma valorică (bănescă), variantele nu pot fi confruntate prin luarea în considerare a tuturor indicatorilor.

Pentru început variantele se compară prin analizarea principalelor indicatori tehnici, iar după o triere preliminară și eliminarea variantelor necorespunzătoare se trece la o comparație economică.

Caracteristicile principalilor indicatori cantitativi și calitativi precum și datele inițiale ce trebuie cunoscute pentru compararea variantelor sînt prezentate în tabele VI.1.

Tabloul VI.1

Indicatarile tehnice și economice de
comparare a variantelor

Nr. Denumirea art. indicatorului		Felul indicatorului	
		Cantitativi	Calitativi
1	2	3	4
1	Indicatorii traseului.	Lungimea liniei; coeficientul de dezvoltare al traseului; procentul de trenen solicitat și traseu liber; lungimea sectoarelor cu tracțiune multiplă; lungimea sectoarelor amplasate în condiții nefavorabile.	Formele de relief; undulația reliefului; declivitatea medie; prezența regiunilor nefavorabile sub aspect geologic, hidrologic, climateric; posibilitatea de trasare a variantelor.
2	Indicatorii planului de situație și al profilului în lung pe sectoarele de linie dintre stații.	Numărul și suma unghiurilor de abatere; numărul și lungimea curbilor cu rază minimă; vaze medie a curbilor; suma înălțimilor urcate pe sensuri de circulație; procentul de folosire a declivității caracteristice; lungimea pantelor vătămătoare.	Sinuozitatea traseului în planul de situație; configurația liniei în profilul în lung.
3	Indicatorii caracteristici punctelor de secționare.	Numărul distanțelor de circulație, lungimea medie a distanțelor de circulație, felul și numărul punctelor de secționare; caracteristicile liniei în plan și în profil în punctele de secționare; lungimea sectoarelor pentru încrucișarea traseurilor fără oprire.	Apropierea stațiilor și haltelor de centrele economice și populate din regiune; gradul de accesibilitate la punctele de secționare.
4	Indicatorii caracteristici privind traversarea cursurilor de apă.	Numărul podurilor, podurilor și viaductelor; lungimea specifică a podurilor și podurilor pe 1 km, tipul și deschiderea podurilor și podurilor.	Dificultățile în traversarea cursurilor de ape curgătoare și evadarea apelor de suprafață; necesitatea unor lucrări speciale pentru regularizarea curgerii apelor.
5	Indicatorii caracteristici privind alte lucrări de construcții și instalații.	Numărul și lungimea tunelurilor și zidurilor de sprijin, adâncirea dabilelor și înălțimea rambleelor.	Gradul de dificultate de întâmpinat la realizarea lucrărilor mai importante de pe traseu.

1	2	3	4
6	Indicatorii volumului de lucrări.	Volumul lucrărilor de terasamente, lucrărilor de artă și a altor construcții și instalații; volumul acestor lucrări pe 1 km linie.	Gradul de dificultate întâmpinat în executarea lucrărilor; necesitatea unor utilaje speciale; dificultatea procurării materialelor și a utilajelor necesare.
7	Indicatorii privind cheltuielile capitale de investiție.	Volumul total al cheltuielilor de investiție; cheltuielilor de investiție pe 1 km; cheltuielile de investiție pe categorii de lucrări.	Posibilitatea repartizării cheltuielilor capitale de investiție pe diferite etape.
8	Indicatorii de exploatare.	Vitezele de circulație și timpii de mers; lucrul mecanic consumat pentru învingerea forțelor de rezistență; consumul de combustibil și energie electrică; capacitatea de circulație și de transport; necesarul de locomotive și vagoane.	Existența punctelor de prelucrarea trenurilor; secționare sau tracțiune multiplă; tonaje diferite pe sensuri de circulație și alți factori care îngreunează condițiile de exploatare.

La analizarea indicatorilor tehnici trebuie acordată o atenție deosebită mai ales acelor care privesc: lungimea liniei, gradul de sinuozitate al traseului, valoarea medie a razei, lungimea sectoarelor de linie cu curbe cu raze mai mici, raza minimă admisibilă, suma înălțimilor urcate, procentul de folosire a declivității caracteristice. Înrautățirea acestor indicatori trebuie neapărat să fie justificată prin scurțarea lungimii liniei sau micșorarea volumului de terasamente sau, în sfârșit, prin micșorarea rezistenței caracteristice.

O atenție specială trebuie acordată indicatorilor care privesc amplasarea punctelor de secționare, cum sînt: numărul distanțelor de circulație, lungimea medie între punctele de secționare, identitatea timpului de parcurs distanțele de circulație, amplasarea punctelor de secționare în curbă și în declivitate. Înrautățirea acestor indicatori, de asemenea trebuie să fie justificată prin îmbunătățirea substanțială a indicatorilor principali ai traseului.

La compararea variantelor pe baza indicatorilor tehnico-economici, pentru fiecare caz concret, se vor alege din mulțimea indicatorilor aceia care constituie caracteristica variantelor și se deosebesc radical de indicatorii similari ai celorlalte variante. Aceasta dă posibilitatea să se aleagă varianta optimă fără să mai fie necesară

e analiză detaliată a tuturor celorlalți indicatori. Astfel, pentru compararea variantei "cu tunel" cu varianta "fără tunel" de cele mai multe ori, hotărâtor este raportul dintre lungimea tunelului și deci scurtares liniei pe de o parte și micșorarea înălțimii ursele, pe de altă parte.

La o comparare sumară a variantelor se pot obține rezultate satisfăcătoare dacă se analizează indicatorii specifici ai variantelor, ca de exemplu: cheltuieli de investiție raportate la 1 km, volumul lucrărilor de terasamente pe 1 km etc.

VI.2.2. Metode pentru calculul eficacității economice a variantelor

În toate cazurile în care compararea variantelor, prin confruntarea principalilor indicatori tehnici, nu conduce la rezultate, care să permită stabilirea certă a superiorității unei variante asupra celorlalte, este necesar să se adîncească comparația variantelor, mai ales sub aspectul economic, prin luarea în considerare a unor indicatori economici.

Cei mai importanți indicatori economici ce seiau în considerație pentru a determina eficacitatea economică comparabilă a variantelor de proiectare sînt următorii :

- investițiile capitale, adică cheltuielile pentru realizarea căii construcțiilor și instalațiilor aferente, inclusiv cheltuielile pentru procurarea materialului rulant, nălate și cheltuieli de investiție.

- cheltuielile de exploatare, adică cheltuielile de muncă în cursul procesului de exploatare; aceste cheltuieli cuprind cheltuielile de întreținere a liniei, a materialului rulant și a altor construcții și instalații, presun și cheltuielile de exploatare propriuzise necesare, pentru plata personalului, consumul de combustibil și energie electrică, retele de amortizare etc.

- termenul de recuperare al investițiilor capitale, și inversul lui, coeficientul de eficacitate economică;

- prețul de cost de transport (pe tonă netă km și pe călător km);

În completare la acești indicatori valorini de bază si efisienței investițiilor capitale, se folosese de asemenea în vederea alegerii celor mai avantajoase variante, și indicatorii naturali care caracterizează productivitatea muncii, consumul de combustibil, energie, materii prime și materiale, utilizarea materialului rulant etc.

Metodele pentru compararea economică a variantelor prezintă unele inconveniente și conduc la rezultate relative datorită greutăților întâmpinate la cuprinderea tuturor factorilor care exercită o influență asupra stabilirii celei mai eficiente variante sub aspect economic. Rezultatele comparării economice a variantelor au de multe ori un caracter convențional intrucît depind în mare măsură și de alți factori ca: gradul de dificultate tehnică a realizării construcției, necesarul de materiale deficiente, termenul de dare în exploatare, raportul între cheltuielile de investiție și cele de exploatare etc. Ori, toți acești factori diferă de la o variantă la alta, și chiar mai mult, variază în timp. De asemenea nu s-a elucidat definitiv nici probleme ca: influența factorului timp asupra repartizării investițiilor în vederea sporirii capacității liniei, perspectiva dinamicii productivității muncii și prețului de cost și chiar problema calculului prețului de cost.

Datorită complexității problemei calculului eficacității economice a variantelor, în mod obișnuit, pentru compararea economică a variantelor se iau în considerare numai principalii indicatori economici și anume: cheltuielile de investiție, cheltuielile de exploatare, termenul de recuperare a investițiilor capitale suplimentare, durata și termenul de dare în exploatare a liniei.

La stabilirea cheltuielilor de investiție se pot elimina cheltuielile necesare pentru procurarea materialului rulant, deoarece, în majoritatea cazurilor, se compară variante de linii pe care remorcarea trenurilor se face cu același sistem de tracțiune, mod de remorcare, tip de locomotivă, iar timpii de mers pe diferitele variante nu se deosebesc radical, ceea ce permite, deci, să se presupună că pentru toate variantele va fi necesar același material rulant.

Pentru a se putea calcula eficacitatea economică a variantelor este necesar să se stabilească în prealabil pentru fiecare variantă, valoarea cheltuielilor de investiție și a cheltuielilor de exploatare.

Cheltuielile de investiție și cheltuielile de exploatare se găsesc în raport invers. Reducerea cheltuielor de investiție atrage după sine proiectarea unor lucrări cu o înzestrare tehnică de un nivel mai scăzut, care are drept consecință înrăutățirea indicatorilor tehnici de exploatare și deci sporirea cheltuielilor de exploatare. Invers, îmbunătățirea indicatorilor tehnici de exploatare și deci micșorarea cheltuielilor de exploatare, se poate obține prin asigurarea

unei însoțiri tehnice de nivel superior (indicatori tehnici de construcție superiori), ceea ce necesită investiții superioare.

Dacă se analizează cazul cel mai simplu - compararea a două variante - se disting două situații :

a/ Când pentru una din variante, atât cheltuielile de investiție (I) cât și cele de exploatare (E) sînt mai mici decît pentru cealaltă, adică

$$I_1 < I_2 \text{ și } E_1 < E_2$$

sau:

$$I_1 > I_2 \text{ și } E_1 > E_2$$

Devine evident că varianta pentru care suma cheltuielilor de investiție și exploatare are valori mai mici este mai avantajoasă din punct de vedere al eficacității economice.

b/ Când una dintre variante necesită cheltuieli de investiție de un volum mai mare decît cealaltă, dar în schimb, necesită cheltuieli de exploatare de un volum mai mic, adică

$$I_1 > I_2 \text{ și } E_1 < E_2$$

sau:

$$I_1 < I_2 \text{ și } E_1 > E_2$$

Ambele situații, în care una din variante se caracterizează printr-un volum mare de investiții iar cealaltă printr-un nivel ridicat al cheltuielilor de exploatare, se întîlnesc frecvent în practica proiectării, iar stabilirea variantei cu eficacitate economică maximă devine de multe ori o problemă complexă și greu de rezolvat.

După modul de realizare a investiției se deosebesc : variante cu o singură etapă de investiție și variante cu două sau mai multe etape de investiție.

Variantele cu o singură etapă de investiție se caracterizează prin aceea că la calculul eficacității economice se iau în considerare numai cheltuielile de investiție inițiale efectuate cu prilejul construirii liniei; cheltuielile de investiție necesare pentru sporirea capacității liniei fie că nu au fost prevăzute, fie că nu se deosebesc de valoare de la o variantă la alta. Exemplu: dezvoltarea traseului pe malul drept sau pe malul stîng al unei văli, alegerea locurilor de traversare a cursului apelor.

Variantele cu două sau mai multe etape de investiție se caracterizează prin aceea că la efectuarea calculului de eficacitate economică, pe lîngă cheltuielile de investiție inițiale se iau în

considerare și cheltuielile de investiție ulterioare necesare pentru sporirea capacității liniei și procurarea materialului rulant. Exemplu: compararea variantei unei linii prevăzute inițial cu o cale simplă care după un timp carecare se dublează parțial, iar apoi pe toată lungimea, sau o linie pe care se preconizează ca la început remorcarea trenurilor să se facă cu locomotive diesel, iar mai târziu cu locomotive electrice. Tot în această categorie sînt cuprinse și variantele care prevăd soluții provizorii pentru momentul dării liniei în exploatare pentru ca după un timp carecare să se adopte o soluție definitivă ca de exemplu, trecerea culmii printr-o tranșee deschisă care mai târziu este înlocuită printr-un tunel.

Metodele pentru compararea economică a variantelor se deosebesc în funcție de modul de realizare a investiției; metodele cele mai des folosite la calculul eficacității economice a variantelor cu o singură investiție, sînt :

- metoda termenului de recuperare a investițiilor suplimentare;
- metoda coeficientului de eficacitate economică relativă a investițiilor suplimentare;
- metoda cheltuielilor anuale (de construcție și de exploatare) minime.

Pentru calculul eficacității economice a variantelor cu mai multe etape de investiții, cea mai largă răspîndire a căpătat metoda însumării cheltuielilor de construcție și de exploatare pe o anumită perioadă de timp.

Metoda termenului de recuperare a investițiilor suplimentare. Această metodă constă în stabilirea termenului în care surplusul cheltuielilor de construcție, investit în variantele cu cheltuieli de investiții mai mari, se recuperează datorită economiei realizate în cheltuielile de exploatare și compararea acestui interval de timp cu termenul de recuperare normat.

Dacă se compară două variante avînd cheltuielile inițiale de investiție $I_1 > I_2$ iar cheltuielile de exploatare anuale $E_1 < E_2$, diferențele:

- $I_1 - I_2$ reprezintă surplusul cheltuielilor de investiție necesar pentru a se executa varianta cu cheltuieli de investiție mai mari (varianta I), sau economie ce se realizează la cheltuielile de investiție dacă se execută varianta care necesită cheltuieli de investiție mai mici (varianta a II-a);
- $E_2 - E_1$ reprezintă economia realizată anual la cheltuielile de exploatare dacă se construiește varianta I, sau surplusul necesar la cheltuielile de exploatare dacă se construiește varianta a II-a.

Termenul de recuperare (t) se calculează cu relația :

$$t = \frac{I_1 - I_2}{E_2 - E_1} \quad [\text{ani}] \quad (\text{VI.1})$$

și reprezintă perioada de timp în care cheltuielile de investiție suplimentare, constrăind varianta cu cheltuieli de investiție mai mari, sînt compensate prin economiile ce se realizează la cheltuielile anuale de exploatare.

Dacă termenul de recuperare calculat are valori mai mici, atunci este mai avantajoasă sub aspect economic varianta cu cheltuieli de investiție mai mari, iar dacă termenul de recuperare obținut are valori mari, atunci este mai avantajoasă varianta cu cheltuieli de investiție mai mici.

Se notează termenul de recuperare obținut prin calcul (t) și acesta se compară cu un termen de recuperare normat (t_n). Se pot ivi trei situații:

$t < t_n$ - se alege varianta cu cheltuieli de construcție mai mari, deoarece aceasta este mai eficientă sub aspect economic;

$t > t_n$ - se alege varianta cu cheltuieli de construcție mai mici;

$t = t_n$ - cele două variante au aceeași eficacitate economică.

Termenul de recuperare normat pentru majoritatea ramurilor economiei naționale are valori curente de 3-7 ani și nu poate depăși 10 ani. Termenul de recuperare poate avea valori mari (8-10 ani) la lucrările care au o mare durată de serviciu, a căror reconstrucție este dificilă și care necesită un volum mare de investiții, cum sînt: construirea unor noi linii de cale ferată, dublarea liniilor, electrificarea liniei, reconstrucția liniei, reconstrucția nodurilor de cale ferată, construcția și reconstrucția tunelurilor, lucrărilor de artă cu caracter permanent etc.

Termenul de recuperare normat se stabilește fie unic pe ramura economică fie pentru fiecare gen de construcție și instalație mai importantă, ca de exemplu: introducerea tracțiunii diesel (1,5-2 ani), introducerea tracțiunii electrice pe liniile cu trafic mare sau pe liniile cu un profil greu (3-5 ani) etc.

Determinarea corectă a termenului de recuperare a surplusului cheltuielilor de construcție este o problemă complexă, de o importanță deosebită și are un rol hotărîtor în calculul eficacității

economică a variantelor. În general, stabilirea unor termene de recuperare mari a surplusului cheltuielilor de investiție avantajează variantele al căror construcții necesită investiții importante, pe când stabilirea unor termene de recuperare mai scurte avantajează variantele care necesită investiții mici.

Dacă eficacitatea economică a variantelor se calculează prin metoda termenului de recuperare, atunci este indicat ca volumul cheltuielilor de exploatare anuale să fie stabilit pentru:

- cel de al 10-lea an al dării lucrării în exploatare, dacă construcția are o durată de serviciu de peste 20 ani, și

- anul reprezentând jumătatea din durata de serviciu, dacă construcția are o durată de serviciu mai mică de 20 ani.

Dacă numărul variantelor este mai mare de două, atunci stabilirea eficacității economice prin metoda termenului de recuperare se face comparând pe rând câte două variante.

Pentru calculul eficacității economice se mai poate folosi o variantă a metodei termenului de recuperare, și anume : metoda coeficientului de eficacitate economică relativă a surplusului cheltuielilor de construcție. Coeficientul de eficacitate relativă se calculează cu relația :

$$\Delta = \frac{E_2 - E_1}{I_1 - I_2} \quad (\text{VI.2})$$

unde:

Δ este coeficientul de eficacitate economică relativă;

I_1, I_2 - cheltuielile de investiție a celor două variante;

E_1, E_2 - cheltuielile de exploatare anuale.

Coeficientul de eficacitate relativă calculat prin relația (VI.2) se compară cu coeficientul de eficacitate relativă normat (Δ_n)

Se constată cu ușurință că coeficientul de eficacitate relativă este valoarea inversă a termenului de recuperare :

$$\Delta = \frac{1}{t} \quad (\text{VI. 2b})$$

Metoda termenului de recuperare se folosește cu succes la calculul eficacității economice a variantelor privind aprecierea măsurilor tehnice-organizatorice, rezolvarea unor probleme de exploatare, stabilirea parametrilor unor construcții și instalații.

Metoda termenului de recuperare are o sferă de aplicație redusă, deoarece :

- poate fi folosită numai dacă cheltuielile de construcție

se realizează într-o singură etapă, până la darea în folosire în exploatare;

- se bazează pe ipoteza că cheltuielile anuale de exploatare sînt constante în limitele perioadei termenului de recuperare; aceeaşi presupune că şi mărimea traficului rămîne neschimbat în acest interval de timp;

- prezintă dificultăţi şi poate conduce la obţinerea unor rezultate deformatate, atunci cînd se compară un număr mai mare de variante, deoarece rezultatul comparaţiei depinde, în mare măsură, de varianta care se ia ca bază de comparaţie şi de valoarea termenului de recuperare normat.

Pentru a se lua în consideraţie variaţia cheltuielilor anuale de exploatare, este indicat să se calculeze termenul de recuperare pe cale grafică. În acest scop se stabilesc în prealabil cheltuielile anuale de exploatare, iar pe baza lor se stabileşte economia anuală în cheltuielile de exploatare pentru trei perioade de timp (de exemplu: 5 ani, 10 ani şi perspectivă). Cu aceste trei valori se va construi curba reprezentînd variaţia în timp a economiei anuale a cheltuielilor de exploatare $(E_2 - E_1) = f(t)$; cu datele obţinute se pot calcula economiile în cheltuielile de exploatare pe o perioadă careceare

de timp $\sum_{i=1}^t (E_2 - E_1)_t$.

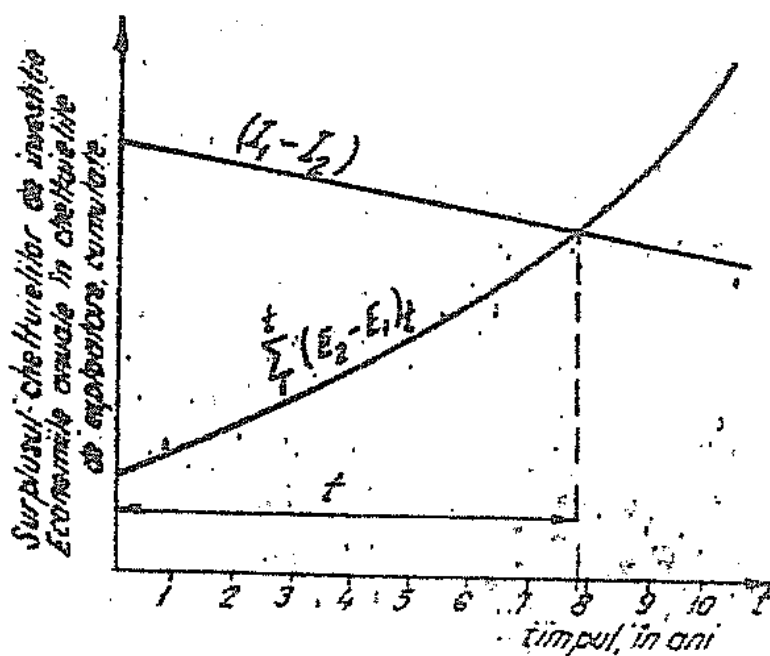


Fig. VI.1. Stabilirea termenului de recuperare, pe cale grafică

Reprezentând aceste valori într-un grafic și intersectând curba obținută cu dreapta ce reprezintă surplusul cheltuielilor de investiție, se obține valoarea termenului de recuperare (fig.VI.1), adică perioada de timp în care economiile realizate la cheltuielile de exploatare anuale, cumulate an de an, ajung să fie egale cu surplusul cheltuielilor de investiție construită varianta mai scumpă.

Calculând eficacitatea economică a variantelor prin metoda termenului de recuperare sau a coeficientului de eficacitate relativă nu înseamnă că trebuie înlăturate mecanic toate variantele care dau un termen de recuperare mai mare sau o eficacitate economică mai mică. Din considerațiuni de micșorare a termenelor de realizare a serviciilor economice fundamentale precum și din considerațiuni de apărare, politice sau de altă natură se poate accepta construirea unor variante cu toate că acestea au o eficacitate economică mai mică.

Metoda cheltuielilor anuale (de investiție și exploatare) minime

Această metodă constă în determinarea cheltuielilor anuale ca sumă a cheltuielilor de exploatare și a cheltuielilor de investiții, separat pentru fiecare variantă. Se consideră varianta cu eficacitate economică maximă aceea pentru care se obține un minim pentru cheltuielile anuale.

Dacă se compară două variante, din relația (VI.1), rezultă că varianta cu cheltuieli de investiție mai mari este mai avantajoasă sub aspect economic numai în cazul în care :

$$\frac{I_1 - I_2}{E_2 - E_1} < t_2$$

Aceasta se poate demonstra, căci

$$\frac{I_1 - I_2}{t_2} < E_2 - E_1$$

de unde rezultă:

$$\frac{I_1}{t_2} + E_1 < \frac{I_2}{t_2} + E_2$$

Partea stângă a relației obținute reprezintă cheltuielile anuale pentru varianta 1, iar partea a dreapta - cheltuielile anuale pentru varianta 2.

Dacă se compară mai multe variante, varianta cea mai avantajoasă sub aspect economic folosind metoda cheltuielilor anuale, va fi aceea care necesită cele mai mici cheltuieli anuale, adică :

$$\frac{I}{t} + E = \text{minimum} \quad (VI.3)$$

Dacă cheltuielile anuale totale se notează cu K atunci se poate scrie :

$$K = \frac{I}{\delta} + E \quad (\text{VI.4})$$

Cheltuieli anuale totale pot fi scrise și sub forma :

$$K = \Delta I + E \quad (\text{VI.5})$$

unde :

Δ - coeficientul de eficacitate economică relativă.

Se observă că metoda cheltuielilor anuale minime pentru calculul eficacității economice a variantelor are același conținut ca și metoda termenului de comparare. Deosebirea este de formă și constă în faptul că la metoda termenului de recuperare mai întâi de calculăm termenul de recuperare iar acesta se compară cu termenul de recuperare normat, pe când la metoda cheltuielilor anuale minime termenul de recuperare normat se introduce de la început în calcul.

Metoda cheltuielilor anuale minime este mai avantajoasă decât metoda termenului de recuperare fiind mai simplă și având un domeniu mai mare de aplicație. Această metodă se folosește mai ales în rezolvarea problemelor de optimizare, ca de exemplu: stabilirea rezistenței caracteristice optime, stabilirea razei minime optime etc.

Rezultatele calculului eficacității economice a variantelor prin metoda cheltuielilor anuale minime depind direct de valoarea termenului de recuperare normat (sau a inversului acestuia, coeficientul de eficacitate economică relativă normat) și de mărimea traficului probabil. Cu cât termenul de recuperare normat are valori mai mici (sau coeficientul de eficacitate economică relativă normat are valori mai mari) și cu cât volumul probabil al traficului are valori mai mici cu atât este mai avantajoasă varianta cu cheltuieli de construcție mai mici și invers, cu cât termenul de recuperare normat are valori mai mari (coeficientul de eficacitate este mai mic) și cu cât volumul probabil al traficului este mai mare cu atât este mai avantajoasă varianta cu cheltuieli de construcție mai mari.

Din această cauză este indicat să se stabilească la început cheltuielile anuale pentru diferitele valori ale termenului de recuperare (sau ale coeficientului de eficacitate economică relativă) și ale traficului iar apoi să se efectueze o analiză detaliată a cheltuielilor anuale pentru fiecare variantă.

Cheltuielile anuale de construcție și de exploatare pot fi considerate ca fiind :

- funcție de termenul de recuperare sau de inversul lui, coefi-

cientul de eficacitate economică (admitând constant volumul traficului)

$$K = \frac{I}{t_E} + E = f(t) \quad (VI.6)$$

$$K = \Delta I + E = F(\Delta) \quad (VI.7)$$

și funcția de volumul traficului (considerind constantă valoarea termenului de recuperare)

$$K = \frac{I}{t_E} + E = f(T) \quad (VI.8)$$

Influența termenului de recuperare, a coeficientului de eficacitate economică relativă și a traficului probabil asupra cheltuielilor anuale de investiție și exploatare, la calculul eficacității economice pentru două variante, este evidențiată prin reprezentarea grafică a funcțiilor (VI.6, 7 și 8) în fig.VI.2, fig.VI.3 și fig-VI.4).

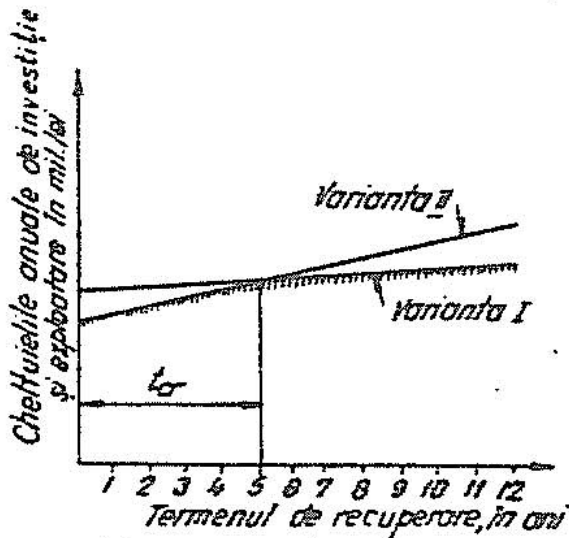


Fig.VI.2. Influența termenului de recuperare asupra cheltuielilor anuale de investiție și exploatare

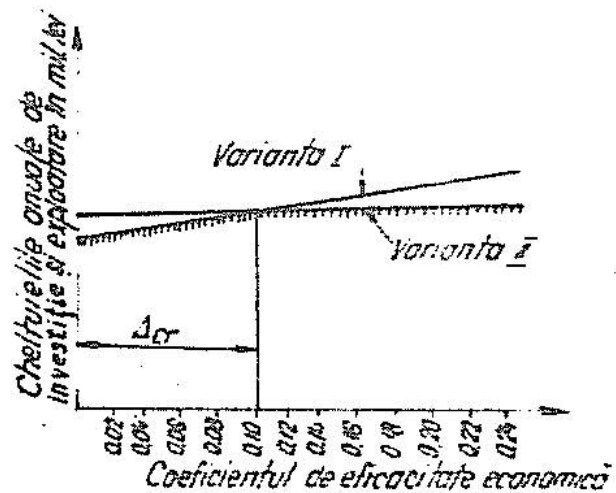


Fig.VI.3. Influența coeficientului de eficacitate economică asupra cheltuielilor anuale de investiție și exploatare

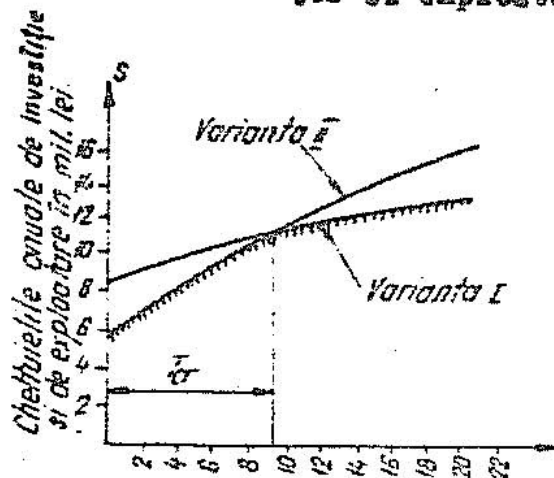


Fig.VI.4. Influența volumului probabil al traficului asupra cheltuielilor anuale de investiție și exploatare

Din analize reprezentării grafice rezultă :

- cu cât valoarea termenului de recuperare și a traficului probabil este mai mică, iar valoarea coeficientului de eficacitate economică relativă este mai mare, cu atât mai avantajoasă sub aspect economic devine varianta care necesită cheltuieli de investiții mai mici

- cu cât valoarea termenului de recuperare și a traficului probabil este mai mare, iar valoarea coeficientului de eficacitate economică relativă este mai mic, cu atât este mai avantajoasă sub aspect economic varianta care necesită cheltuieli de investiție mai mari.

Valoarea termenului de recuperare (coeficient de eficacitate) sau a traficului probabil pentru care se obține egalitatea economică critică dintre cele două variante se numește termenul de recuperare critică (coeficient de eficacitate economică critică) respectiv traficul critică.

Valorile teoretice ale parametrilor: termenul de recuperare, coeficientul de eficacitate economică și traficul probabil, având o influență importantă asupra rezultatelor calculului eficacității economice, nu pot fi luate în mod arbitrar. Într-adevăr, dacă la compararea a două variante s-ar lua în considerație un trafic mic (caracteristic primilor ani de exploatare), fără a se ține seama de creșterea ulterioară a acestuia, s-ar da preferință variantei cu cheltuieli de construcție mai mici, cu toate că în viitor o asemenea variantă ar putea deveni dezavantajoasă.

De aceea, ținând seama de variația parametrilor, (traficul probabil, termenul de recuperare și coeficientul de eficacitate), de influența exercitată de aceștia asupra rezultatelor calculului eficacității economice a variantelor și de faptul că nu există încă o justificare riguroasă a unei anumite valori pentru acești parametri, prezintă un interes stabilirea unei metode de comparare a variantelor care să ia în considerare concomitent toate valorile posibile pe care le pot avea acești parametri. O astfel de metodă a fost elaborată de A.V.Gorinov cunoscută sub denumirea de metoda egalității economice critice. Această metodă constă în stabilirea pe cale grafică a curbei de egalitate economică critică a variantelor și a sferei avantajelor variantelor ce se compară. Compararea economică a variantelor prin această metodă se face după principiul determinării cheltuielilor anuale de investiție și exploatare minime.

În cazul analizării a două variante problema se reduce la compararea expresiei :

$$\Delta (I_1 - I_2)$$

(VI.9 a)

ca expresia

$$E_2 - E_1$$

(VI.9 b)

Prima expresie reprezintă surplusul cheltuielilor de investiție necesar pentru a executa varianta cu cheltuieli de investiție mai mari, repartizat la un an.

Expresia a doua reprezintă economia anuală realizată la cheltuielile de exploatare dacă se construiește varianta care necesită cheltuieli de investiție mai mari.

Se știe că pentru anumite valori ale parametrilor are loc egalitatea economică critică a celor două variante, putându-se scrie:

$$\Delta(I_1 - I_2) = (E_2 - E_1) \quad (VI.10)$$

Comparând expresiile (VI.9) se pot ivi două cazuri:

a/ $\Delta(I_1 - I_2) < (E_2 - E_1)$, adică atunci când economia anuală ce se realizează la cheltuielile de exploatare, construind varianta mai scumpă, este mai mare decât surplusul anual de cheltuieli de investiție necesar pentru a executa aceeași variantă; înseamnă că această variantă este mai eficientă sub aspect economic și prin urmare trebuie preferată din punct de vedere economic;

b/ $\Delta(I_1 - I_2) > (E_2 - E_1)$, adică atunci când surplusul anual de cheltuieli de investiție, necesar pentru a se construi varianta cu cheltuieli de investiție mai mari, este mai mare și deci nu poate fi compensat prin economia anuală ce se realizează la cheltuielile de exploatare, construind aceeași variantă; înseamnă că această variantă nu este suficientă sub aspect economic, și prin urmare trebuie preferată cealaltă variantă, adică varianta care necesită cheltuieli de investiție mai mici.

Compararea variantelor se poate efectua mai sugestiv și grafic. Pentru aceasta se reprezintă mai întâi curba variației economiei anuale ce se realizează la cheltuielile de exploatare în funcție de mărimea traficului probabil, pentru câteva valori ale traficului (fig.VI.5). Ordonatele acestei curbe sînt valorile anuale ale economiilor la cheltuielile de exploatare construind varianta cu cheltuieli mai mari. Se reprezintă apoi surplusul anual de cheltuieli de construcție, necesar pentru a executa varianta cu cheltuieli de investiție mai mari, în funcție de traficul probabil, pentru câteva valori ale coeficientului de eficacitate economică (fig.VI.6).

Dacă în cheltuielile de investiție sînt cuprinse și cheltuielile care depind de volumul traficului (de exemplu costul

materialului rulant), atunci funcția $\Delta(I_1 - I_2)$ se va reprezenta prin curbe ale căror ordonate cresc treptat, deoarece odată cu creșterea traficului se mărește diferența între cheltuielile de investiție a celor două variante.

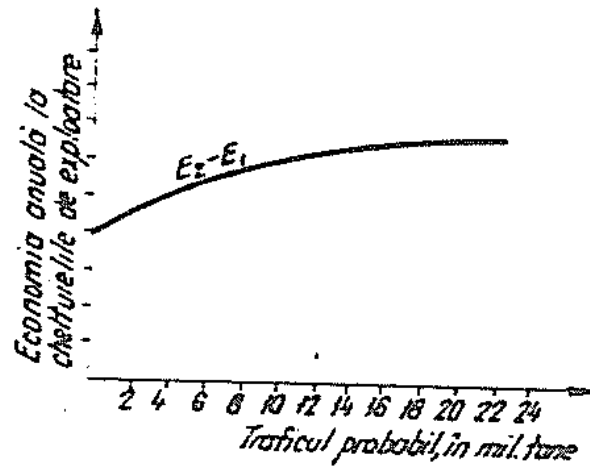


Fig. VI.5. Representarea grafică a economiei anuale la cheltuielile de exploatare.

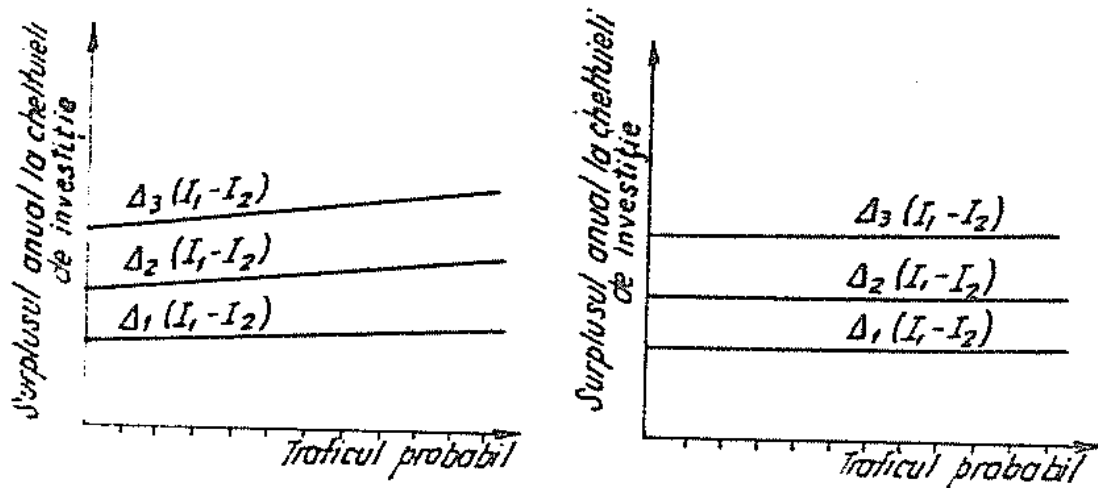


Fig. VI.6. Representarea grafică a surplusului anual de cheltuieli de investiție

În mod practic surplusul anual de cheltuieli de investiție necesar pentru a se executa varianta mai scumpă $\Delta(I_1 - I_2)$, poate fi considerat, ca suficientă aproximație pentru compararea variantelor, ca nefiind influențat de creșterea traficului, dacă în cheltuielile de investiție se includ investițiile inițiale, inclusiv cele necesare

pentru procurarea materialului rulant (fig.VI.6 b).

Reprezentînd în același grafic atât economia anuală la cheltuielile de exploatare, cît și surplusul anual la cheltuielile de investiție (fig.VI.7) se constată că pentru o anumită mărime a traficului (T_2) și diferite mărimi ale coeficientului de eficacitate economică ($\Delta_1 < \Delta_2 < \Delta_3$) avantajul economic poate trece de la varianta cu cheltuieli de investiție mai mari asupra celei cu cheltuieli de investiție mai mici. Invers, pentru o anumită valoare a coeficientului de eficacitate economică (Δ_2) și diferite mărimi ale traficului ($T_1 < T_2 < T_3$) avantajul poate trece de la varianta care necesită cheltuieli de construcție mai mici asupra celei cu cheltuieli de investiție mai mari.

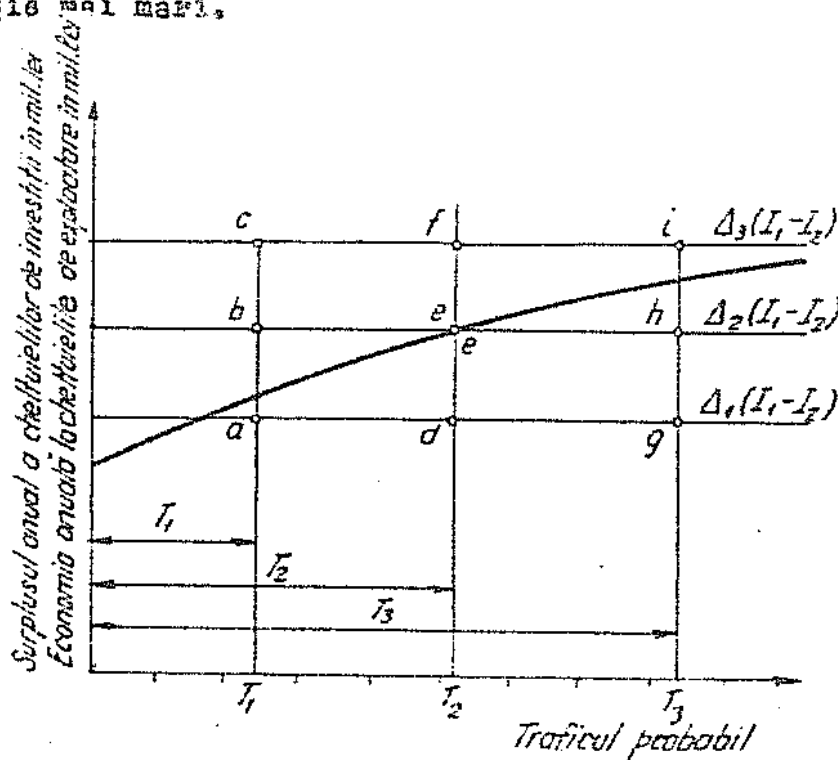


Fig.VI.7. Reprezentarea grafică a economiei anuale la cheltuielile de exploatare și a surplusului anual la cheltuielile de investiție

Rezultatele unei analize a cazurilor caracteristice ivite în compararea economică a două variante, atunci cînd traficul probabil și coeficientul de eficacitate economică au diferite valori, sînt prezentate în tabelul VI.2. Caracteristicile variantelor pentru care se face analiza eficacității economice sînt:

- Varianta I - avînd cheltuielile de construcție I_1 și cheltuielile de exploatare E_1
- Varianta II - avînd cheltuielile de construcție I_2 și cheltuielile de exploatare E_2

unde :

$$I_1 > I_2 \text{ și } E_1 < E_2$$

Tabelul VI.2

Compararea economică a două variante			
V a l o a r e a		Semnul între expresiile	Varianta avantajoasă sub aspect economic
Traficul	Coefficientului de eficacitate economică	$\Delta(I_1 - I_2)$ și $(E_2 - E_1)$	
T_1	Δ_1	$<$	Varianta I
T_1	Δ_2	$>$	Varianta II
T_1	Δ_3	$>$	Varianta II
T_2	Δ_1	$<$	Varianta I
T_2	Δ_2	$=$	Variantele sînt egale
T_2	Δ_3	$>$	Varianta II
T_3	Δ_1	$<$	Varianta I
T_3	Δ_2	$<$	Varianta I
T_3	Δ_3	$>$	Varianta II

Din analiza reprezentării grafice din fig.VI.7 și a datelor din tabela VI.2, se constată următoarele :

- Punctele a,d,g,h precum și altele, situate în regiunea din dreapta-jos a curbei care reprezintă economia anuală la cheltuielile de exploatare caracterizează situația în care economia anuală se realizează la cheltuielile de exploatare este mai mare decît surplusul anual de cheltuieli de investiție necesar pentru a se construi varianta cu cheltuieli de investiții mai mari. Toate aceste puncte determină domeniul de preferință economică a variantei mai scumpe.

- Punctele b,c,f,i precum și altele situate în regiunea din stînga sus a curbei care reprezintă economia anuală la cheltuielile de exploatare caracterizează situațiile în care surplusul anual de cheltuieli de investiție, necesare pentru a se construi varianta mai scumpă, este mai mare decît economia anuală ce se realizează la cheltuielile de exploatare. Toate aceste puncte determină domeniul de preferință economică a variantei care are cheltuieli de investiție mai mici.

Punctul e și altele, situate pe curba ce reprezintă economia anuală a cheltuielilor de exploatare, caracterizează acea situație în care pierderile anuale, datorită investițiilor în plus, sînt egale cu economiile anuale la cheltuielile de exploatare, fapt ce denotă că cele două variante sînt echivalente sub aspect economic. Această

curbă, formată din punctele care determină egalitatea dintre pierderile anuale, datorită investițiilor în plus și economiile anuale la cheltuielile de exploatare, se numește curba egalității economice critice a variantelor.

Prin urmare, regiunea din stînga-sus a curbei egalității economice critice a variantelor se găsește situată în domeniul în care variantele cu cheltuieli de investiție mai mici sînt mai avantajoase, iar regiunea din dreapta-jos a curbei egalității economice critice a variantelor se găsește în domeniul în care sînt mai avantajoase variantele care necesită cheltuieli mari de investiție.

Deoarece coeficientul de eficacitate economică și traficul probabil variază în cadrul anumitor limite bine determinate:

$$\Delta_{\min} < \Delta < \Delta_{\max}$$

și

$$T_{\min} < T < T_{\max}$$

pentru a găsi domeniul de preferință economică a variantelor, este suficient să se stabilească suprafața determinată de variațiile probabile ale acestor doi parametri. Valorile posibile pentru coeficientul de eficacitate economică se aleg în limitele $\Delta = 0,06-0,20$, iar pentru trafic se iau valorile corespunzătoare traficului probabil în cel de al doilea an al dării liniei în exploatare (ca valoare minimă) și traficul de perspectivă (ca valoare maximă).

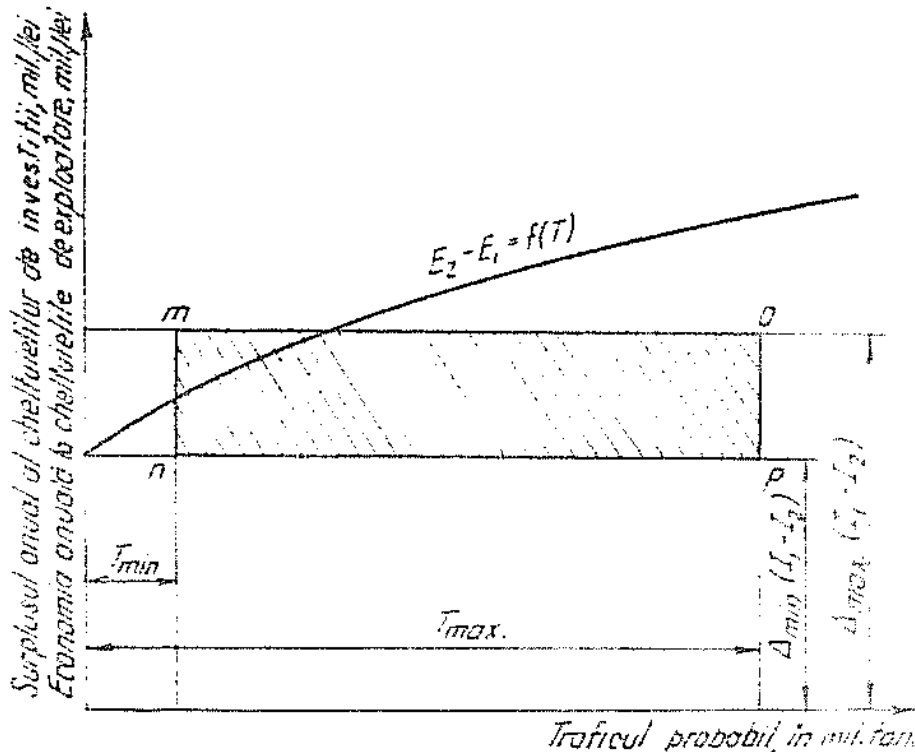


Fig. VI.8. Suprafața determinată de variația posibilă a traficului probabil și a coeficientului de eficacitate economică

Poziția pe care o ocupă suprafața variațiilor probabile ale celor doi parametri determinați prin punctele m, n, o, p în raport cu curba egalității critice, dă posibilitatea determinării eficienței economice pentru variantele care se compară (fig.VI.8).

Oricare ar fi valorile luate de coeficientul de eficacitate economică și de traficul probabil (în cadrul limitelor stabilite mai sus), suprafața determinată de variațiile probabile ale acestor doi parametri se poate afla, în raport cu curba egalității economice critice, într-una din următoarele 3 situații (fig.VI.9)

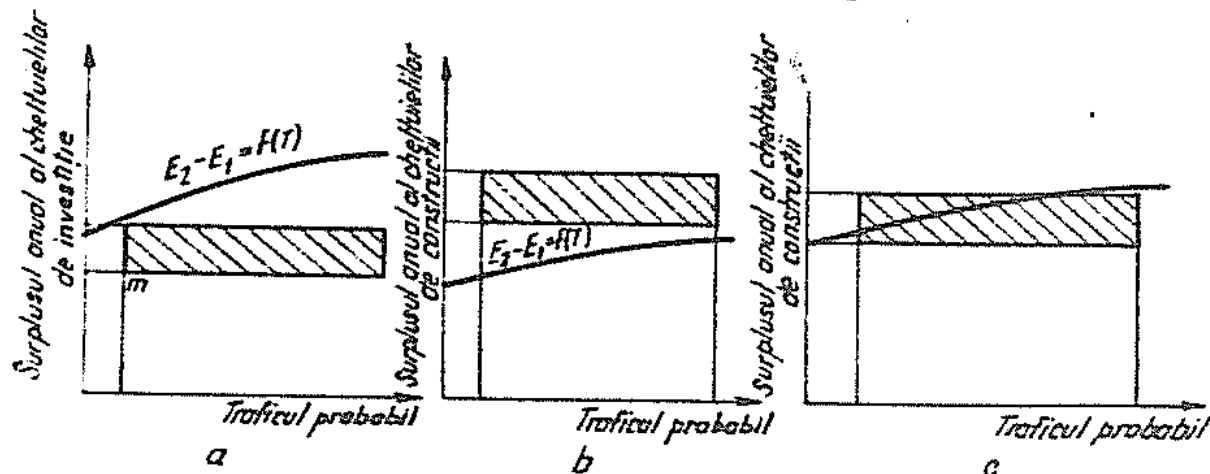


Fig.VI.9. Poziția suprafeței determinată de variația posibilă a traficului probabil și a coeficientului de eficacitate economică, în raport cu curba capacității economice critice

a/ Se situează în întregime sub curba egalității economice critice (fig.VI.9 a). Aceasta înseamnă că avantajul economic al variantei cu cheltuieli de investiție mai mare este categoric și crește o dată cu creșterea traficului.

b/ Se situează în întregime asupra curbei egalității economice critice (fig.VI.9 b). În acest caz avantajul economic este de partea variantei cu cheltuieli de investiție mai mici, dar pe măsură creșterii traficului acest avantaj se micșorează.

c/ Se întretaie cu curba egalității economice critice. În asemenea cazuri variantele se consideră echivalente din punct de vedere economic. Totuși ținând seama de creșterea în viitor a traficului, este indicat să se dea preferință variantei cu cheltuieli de investiție mai mari.

Metodele pentru calculul eficacității economice prezentate pînă acum pot fi aplicate dacă toate investițiile se realizează într-o singură etapă, la începutul executării lucrării, și dacă numărul varian-

telor care se compară este relativ redus.

În practică însă, adeseori trebuie stabilită varianta cu cea mai mare eficacitate economică aleasă dintr-un număr mare de variante, la care de cele mai multe ori investițiile se realizează în mai multe etape. În aceste cazuri este indicat a se folosi pentru calculul eficacității economice metoda însumării cheltuielilor de investiție și de exploatare.

Metoda însumării cheltuielilor de investiție și de exploatare

Dacă variantele care se compară se caracterizează prin aceea că investiția totală se realizează nu dintr-o dată, ci pe etape, la intervale de timp de diferite mărimi, atunci metoda cea mai indicată pentru compararea economică a variantelor constă în stabilirea acelei variante pentru care suma tuturor cheltuielilor efectuate are o mărime minimă.

Dar o simplă însumare a cheltuielilor de investiție și de exploatare, efectuate pe întreaga durată de funcționare a obiectivului, este un procedeu greșit și conduce la rezultate deformate. Într-adevăr, însumarea cheltuielilor, fără a se ține seama de timpul la care sînt efectuate, ar însemna ca două cheltuieli de același mărime, efectuate în perioade de timp diferite (de exemplu, una în prezent și alta în viitorul apropiat) să aibă același rezultat economic, ceea ce, după cum se știe, contrazice întreaga practică dobîndită în activitatea economică. Prin urmare, simpla însumare a cheltuielilor de investiție și a cheltuielilor de exploatare nu poate fi admisă.

Rezultatul economic, obținut de pe urma micșorării sau măririi intervalului de timp la care se efectuează cheltuielile de construcție și de exploatare, se calculează pornind de la același efect mediu care poate fi obținut, cu condiția folosirii productive a investițiilor capitale prin construirea altor obiective economice.

De aceea, pentru a stabili eficacitatea economică a variantelor la care investițiile se realizează în mai multe etape, în perioade de timp cu durate diferite, este necesar ca toate investițiile să fie raportate la momentul inițial, prin înmulțirea lor cu coeficientul de îndepărtare în timp, calculat prin formula :

$$e = \frac{1}{(1 + \Delta)^t} \quad (VI.11)$$

unde :

- e - este coeficientul de îndepărtare în timp;
- Δ - coeficientul de eficacitate economică normal;
- t - timpul la care se realizează investiția, în ani.

Cheltuielile, atât cele de investiție cât și cele de exploatare se înmulțesc cu coeficientul de îndepărtare în timp, iar produsele astfel obținute se însumează, separat pentru fiecare variantă. Varianta pentru care rezultatul însumării are valoarea minimă este varianta cea mai avantajoasă din punct de vedere economic.

La stabilirea cheltuielilor anuale de exploatare se va lua în considerație și faptul că acestea depind atât de mărimea traficului probabil cât și de înzestrarea tehnică a liniei (fig.VI.10).

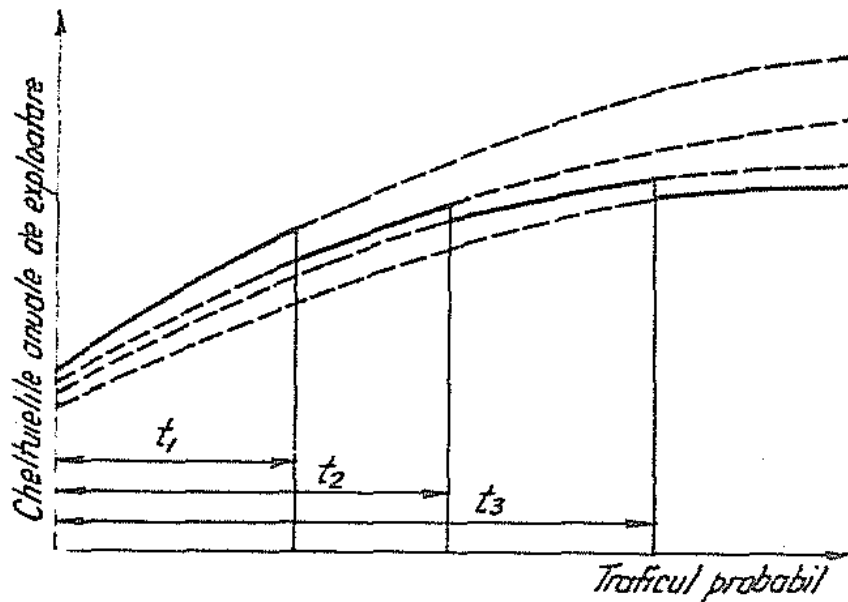


Fig.VI.10. Variația cheltuielilor anuale de exploatare

Calculul eficacității economice, prin metoda însumării cheltuielilor de investiție și a cheltuielilor de exploatare, raportate la momentul inițial se face aplicând formula generală :

$$S = I_0 + \sum_{t_0}^{t_1} \frac{E_t}{(1+\Delta)^t} + \frac{I_1}{(1+\Delta)^{t_1}} + \sum_{t_1}^{t_2} \frac{E_t}{(1+\Delta)^t} + \frac{I_2}{(1+\Delta)^{t_2}} + \sum_{t_2}^{t_3} \frac{E_t}{(1+\Delta)^t} + \dots$$

$$\dots + \frac{I_n}{(1+\Delta)^{t_n}} + \sum_{t_n}^{t_c} \frac{E_t}{(1+\Delta)^t} \quad (VI.12)$$

unde:

S - este suma cheltuielilor de investiție și de exploatare raportată la momentul primului an de exploatare;

I_0 - cheltuielile de investiție efectuate pînă la darea liniei în exploatare;

I_1, I_2, I_n - cheltuieli de investiție efectuate după darea liniei în exploatare la timpurile $t_1, t_2, \dots, t_n$;

E_t - cheltuieli anuale de exploatare;

$\frac{1}{(1+\Delta)^t}$ - coeficient de îndepărtare în timp a cheltuielilor pentru timpul t ;

Δ - coeficientul de eficacitate economică;

t_c - perioada de comparație.

Este evident că pentru a se putea obține rezultate cât mai exacte, este necesar să se țină seama de modificarea mărimii unui fond de investiții ca urmare a faptului că în loc să fie investit astăzi, (considerat moment inițial), se investește abia peste un număr oarecare de ani. De aci rezultă obligativitatea de a raporta toate investițiile, indiferent de timpul la care vor fi efectuate, la mărimea la care aceste investiții le-ar avea în momentul inițial.

Se știe că, dacă un fond oarecare în loc să fie investit într-o lucrare care încă nu este strict necesară, va fi investit în altă lucrare necesară, va produce un efect economic și va crește ca mărime.

Intr-adevăr, un fond de mărime A , investit într-o lucrare eficientă, poate produce un efect economic de mărime ΔA , iar la sfârșitul primului an devine $A(1+\Delta)$. Acest fond la sfârșitul celui de al doilea an devine $A(1+\Delta)^2$, la sfârșitul celui de al treilea an $A(1+\Delta)^3$, iar peste t ani devine $A(1+\Delta)^t$. Aceasta înseamnă că un fond A , investit azi, este echivalent din punct de vedere economic cu fondul $A(1+\Delta)^t$ ce se obține peste t ani.

Dacă se notează cu c coeficientul care arată ca cât s-a schimbat mărimea investiției în timpul t , se poate scrie :

$$A = c A(1 + \Delta)^t$$

de unde se obține relația (VI.11).

În privința factorului hotărâtor care determină schimbarea mărimii investiției după un timp oarecare există păreri diferite. Unii autori consideră că pentru stabilirea coeficientului de îndepărtare în timp trebuie să se pornească de la coeficientul de eficacitate relativă, pe când alții socotesc că este mai potrivit ca aceasta să fie determinat în funcție de creșterea productivității muncii și micșorarea cheltuielilor de muncă.

Valorile coeficientului de îndepărtare în timp și variația acestui coeficient, în funcție de timpul la care se efectuează investiția și coeficientul de eficacitate economică, sînt arătate în fig. VI.11.

Se observă că folosirea valorilor obișnuite ale coeficientului de eficacitate economică ($\Delta = 0,15-0,20$) atrage după sine o scădere

similitudine a coeficientului de îndepărtare în timp, pe măsură ce timpul la care se efectuează investiția este mai îndepărtat. Astfel: pentru o investiție care se realizează abia peste 6 ani, coeficientul de îndepărtare în timp α , are valoarea 0,506, ceea ce înseamnă că mărimea investiției care se amână cu 6 ani se micșorează de 2 - 2,3 ori.

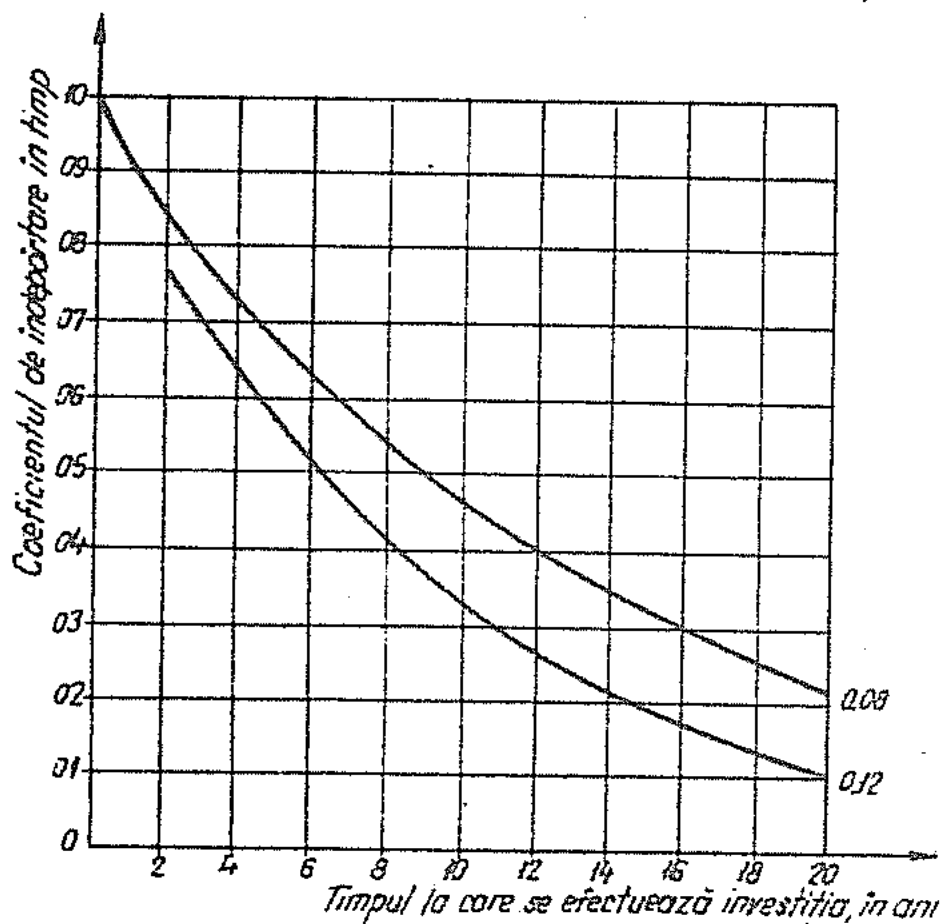


Fig. VI.11. Variația coeficientului de îndepărtare în timp în funcție de timpul de investiție și coeficientului de eficacitate economică

De aici se desprinde concluzia că la calculul eficacității economice a variantelor cu investiții repartizate în două sau mai multe etape trebuie să se țină seama de schimbarea mărimei fondului de investiție în timp.

VI.2.3. Alte metode pentru calculul eficacității tehnico - economice a variantelor

Eficacitatea economică a variantelor depinde în mare măsură de volumul cheltuielilor de investiție și a cheltuielilor de exploatare.

Analizând cheltuielile de exploatare, se constată că o serie de cheltuieli pot fi considerate sensibil egale pentru toate varian-

tela care se compără și deci pot fi lăuate la o parte în calculul comparativ. Pentru calcule sumare se consideră numai cheltuielile de întreținere și cele de tracțiune deoarece acestea au ponderea cea mai mare în totalul cheltuielilor de exploatare, și diferă în mai mare măsură de la o variantă la alta.

Cheltuielile de întreținere și supravegherea liniei pot fi considerate aproximativ proporționale cu lungimea traseului. Costul pe kilometru se determină în raport cu raza și lungimea curbilor, cu caracterul infrastructurii și cu numărul și lungimea lucrărilor de artă mai mari.

Cheltuielile de tracțiune depind de mărimea și natura declivităților, mărimea razei și lungimea curbilor, precum și de tonajul și viteza de circulație a trenurilor. Pe liniile cu aceeași rezistență caracteristică, pe care circulă trenuri remorcate de același tip de locomotivă, rezultă că cheltuielile de tracțiune vor depinde în principal de caracteristicile liniei în planul de situație și în profil în lung, adică de gradul de dificultate al liniei.

Pentru aprecierea gradului de dificultate a unei linii s-a introdus noțiunea de coeficient virtual. Coeficientul virtual (sau de echivalență) arată de câte ori o linie careșare este mai grea decât un anumit punct de vedere, decât o linie în aliniament și palier având aceeași lungime.

Criteriul de echivalență ales depinde de scopul urmărit și poate fi: timpul de mers, lucrul mecanic al forței de tracțiune, lucrul mecanic al forțelor de rezistență etc.

Avându-se în vedere că cheltuielile de tracțiune sînt proporționale cu lucrul mecanic consumat pentru învingerea rezistențelor traseului, în calculele comparative sumare se preferă să se exprime echivalența traseelor din punct de vedere al lucrului mecanic.

Stabilirea gradului de dificultate a unui element de profil sau a unui sector de linie, din punct de vedere al lucrului mecanic consumat, se poate scrie în funcție de mai mulți factori, și anume: lungime, declivitate, înălțime (diferență de nivel) etc.

După factorii în raport cu care se exprimă echivalența traseelor, se disting următoarele metode de comparare:

- metoda lungimilor virtuale;
- metoda rampelor echivalente;
- metoda înălțimilor hotărîtoare.

Metoda lungimilor virtuale. Prin lungime virtuală a unei linii

se înțelege lungimea unei linii în aliniament și palier care este echivalent cu linia sau varianta considerată dintr-un anumit punct de vedere, ca de exemplu: lucrul mecanic al forțelor de rezistență, timpul de mers, cheltuielile de tracțiune pentru tona brută etc.

Lungimea virtuală a traseului caracterizează gradul de dificultate al acestuia; cu cât declivitățile din profilul în lung au lungimi și valori mai mari și cu cât curbele din planul de situație au raze mai mici și lungimi mai mari cu atât vor rezulta, pentru aceeași lungime de traseu, lungimi virtuale mai mari.

Metoda lungimilor virtuale de comparare a variantelor constă în determinarea lungimilor virtuale pentru toate variantele și alegerea variantei cu lungimea virtuală cea mai mică.

Lungimea virtuală (L_v) se obține de obicei, exprimând echivalența între lucrul mecanic specific consumat pentru învingerea rezistențelor traseului și lucrul mecanic specific consumat pe o linie în aliniament și palier, adică

$$R_0 L_v = l_m$$

de unde se obține:

$$L_v = \frac{l_m}{R_0} \quad (\text{VI.13})$$

în care:

l_m este lucrul mecanic specific consumat pentru învingerea rezistențelor traseului real, în kgf.km/tf.

R_0 - rezistența specifică la mers în aliniament și palier, în kgf/tf.

Lungimea virtuală se mai poate stabili și cu ajutorul coeficientului virtual al traseului folosind relația:

$$L_v = \alpha_{VT} \cdot L \quad (\text{VI.14})$$

unde

α_{VT} - este coeficientul virtual al traseului;

L - lungimea reală a traseului.

Coeficientul virtual al traseului este dat de raportul dintre lucrul mecanic consumat pentru deplasarea unui tren pe traseul real și lucrul mecanic consumat pentru deplasarea aceluiași tren, cu aceeași viteză, pe un traseu de aceeași lungime situat în aliniament și palier.

Coeficientul virtual al traseului se calculează pornindu-se de la coeficientul virtual al elementelor de profil.

Lucrul mecanic specific al forțelor de rezistență la deplasarea

trenului pe un element de profil cu rampă uniformă (l_p) de lungime (ℓ), avînd pe toată lungimea o curbă a cărei rezistență specifică echidistantă este (r_0), se obține cu relația :

$$\ell_{m r o} = (r_0 + r_1 + r_2)\ell \quad (VI.15)$$

Pentru cazul cînd trenul se deplasează cu aceeași viteză pe un element de profil de aceeași lungime situat în aliniament și palier lucrul mecanic specific al forțelor de rezistență este :

$$\ell_{m ap} = r_0 \ell \quad (VI.16)$$

Prin definiție, coeficientul virtual al elementului de profil se obține împărțind relațiile (VI.15) cu (VI.16), de unde rezultă:

$$\alpha_{ep} = \frac{\ell_{m rs}}{\ell_{m ap}} = \frac{r_0 + r_1 + r_2}{r_0} = 1 + \frac{r_1 + r_2}{r_0} \quad (VI.17)$$

Adunînd produsele $\alpha_i \cdot \ell_i$ ale elementelor de profil se obține lungimea virtuală corespunzătoare întregii linii, iar prin raportarea acestei lungimi la lungimea liniei se obține coeficientul virtual al traseului.

$$\alpha_{VT} = \frac{\alpha_1 \ell_1 + \alpha_2 \ell_2 + \dots + \alpha_n \ell_n}{\ell_1 + \ell_2 + \dots + \ell_n} = \frac{\sum \alpha_i \ell_i}{\sum \ell} = \frac{\sum \alpha_i \ell_i}{L} \quad (VI.18)$$

Pe elementele de profil în palier și aliniament, r_1 și r_2 fiind egale cu zero, coeficientul virtual este egal cu 1, iar lungimea virtuală este egală cu lungimea reală a elementelor de profil.

Pe elementele în pantă rezistența la mers datorită declivității este negativă. Cu cît lungimea totală a pantelor pe linie considerată este mai mare cu atît coeficientul virtual este mai mic. Totuși pe pantele accentuate (de valori mai mari decît valoarea pantei nevătămătoare) trenul trebuind să fie frînat, se consumă fără folos o parte din energia cinetică acumulată, pentru recîștigarea căreia va trebui să se consume combustibil în plus.

Pentru calculele practice coeficientul virtual se calculează pornindu-se de la determinarea aproximativă a lucrului mecanic al forțelor de rezistență. În acest caz coeficientul virtual se stabilește cu relația :

$$\alpha_{VT} = \frac{r_{om}(\sum \ell - \sum \ell_o) + 1000(\sum h_p - \sum h_{nv}) + \sum r_e \ell_e}{r_{om} \sum \ell} \quad (VI.19)$$

Numărătorul exprimă lucrul mecanic specific al forțelor de rezistență iar semnificația notațiilor este aceeași ca și în cazul

relațiilor (III.113) și (III.114).

Metoda rampelor echivalente. Prin rampă echivalentă (numită și rampă virtuală) a traseului, se înțelege o rampă fictivă și uniformă, avînd lungimea egală cu lungimea traseului considerat, iar lucrul mecanic consumat în deplasarea trenului pe aceasta este egal cu lucrul mecanic consumat în deplasarea aceluiași tren pe traseul considerat (real).

Rampa echivalentă - la fel ca și lungimea virtuală caracterizează gradul de dificultate al traseului; cu cît declivitățile au lungimi și valori mai mari, iar curbele sînt mai aspre și mai lungi, cu atît rampa echivalentă a traseului este mai mare.

Metoda rampelor echivalente de comparare a variantelor constă în stabilirea rampelor virtuale pentru toate variantele și alegerea variantei cu rampa echivalentă cea mai mică.

Rampa echivalentă se stabilește scriind echivalența între lucrul mecanic specific consumat pentru învingerea rezistențelor traseului și lucrul mecanic specific consumat pe un traseu avînd aceeași lungime și rampă uniformă, adică :

$$(r_0 + i_v) L = \ell_m$$

de unde se obține:

$$i_v = \frac{\ell_m - r_0 L}{L} = \frac{\ell_m - \ell_{m \text{ ap}}}{L} \quad [\text{‰}] \quad (\text{VI.21})$$

în care:

L este lungimea traseului, în km;

r_0 - rezistența specifică la mers în aliniament și palier, în kgf/tf;

ℓ_m - lucrul mecanic specific pe o linie dată, în kgf.km/tf

$\ell_{m \text{ ap}}$ - lucrul mecanic specific pe o linie situată în aliniament și palier și care are o lungime egală cu lungimea traseului considerat în kgf.km/tf.

Dacă lucrul mecanic este determinat în ipoteza unei viteze medii de circulație pe întreaga linie, atunci rampa echivalentă se calculează cu relația:

$$(r_0 + i_v)L = r_0(L - \sum \ell_v) + 1000(\sum h_p - \sum h_{nv}) + \sum r_e \ell_e$$

de unde se deduce:

$$i_v = \frac{1000 \sum h_p + \sum r_e \ell_e - (r_0 \sum \ell_v + 1000 \sum h_{nv})}{L} \quad (\text{VI.22})$$

Semnificația notațiilor este aceeași ca și la relațiile (VI.19) și (VI.20).

Rampa echivalentă se calculează pentru fixare sens de circulație. Varianta căreia îi corespunde rampa echivalentă cea mai mică este cea mai favorabilă din punct de vedere al lucrului mecanic consumat pentru învingerea forțelor specifice de rezistență ale traseului.

Metoda înălțimilor parțiale sau metoda înălțimilor de lucru hotărâtoare. Înălțimea virtuală a unei linii este înălțimea la care ar trebui ridicată greutatea trenului pentru a se dezvolta același lucru mecanic ca și cel produs de locomotivă pentru a transporta întregul tren de la un capăt la celălalt al liniei.

Înălțimea virtuală caracterizează gradul de dificultate al traseului din punct de vedere al consumului de lucru mecanic; cu cât dezvoltările traseului sînt mai lungi și au valori mai mari și cu cât curbele au raze mai mici și lungimi mai mari cu atât traseul este mai dificil iar înălțimea virtuală este mai mare.

Metoda înălțimilor virtuale de comparare a variantelor constă în determinarea înălțimilor de lucru pentru toate variantele și alegerea variantei căreia îi corespunde înălțimea cea mai mică

Înălțimea virtuală se obține exprimînd echivalența între lucrul mecanic consumat pentru învingerea rezistenței traseului și lucrul mecanic necesar pentru a ridica întregul tren la înălțimea H_t .

$$(G_L + G_V) H_t = L_M$$

de unde se obține:

$$H_t = \frac{L_M}{G_L + G_V} \quad (VI.23)$$

în care:

G_L și G_V reprezintă greutatea locomotivei respectiv a vagoanelor, în tf.

Caracteristicile tehnico-economice dau un material prețios pentru compararea variantelor, deoarece sintetizează principalele avantaje și dezavantaje ale variantelor. De aceea criteriul tehnico-economic va constitui totdeauna elementul fundamental în alegerea traseului liniei ferate.

Capitolul VII

STABILIREA ELEMENTELOR TEHNICE CARACTERISTICE NECESARE PENTRU PROIECTAREA LINIILOR NOI DE CALE FERATA SI RECONSTRUIREA CELOR EXISTENTE

Proiectarea liniilor noi și reconstruirea liniilor existente este o operație de o deosebită complexitate datorită atât numărului mare și variat de construcții și instalații ce trebuie proiectate, cât și datorită numărului mare de factori ce au o influență hotărâtoare asupra alegerii elementelor tehnice caracteristice ale liniei și proiectării construcțiilor și instalațiilor de cale.

Din punct de vedere al proiectării, căile ferate se deosebesc prin următoarele elemente tehnice caracteristice liniei.

- categoris liniei: linie magistrală, linie principală, linie secundară, linie industrială;

- esartament: linie normală, linie îngustă, linii largi
- numărul de linii: linie simplă, linie dublă;
- sistemul de tracțiune: tracțiune diesel, tracțiune electrică;
- tipul locomotivei: locomotive cu putere mare, mijlocie, mică;
- declivitatea maximă admisă la proiectarea liniei;
- direcția de dezvoltarea liniei (orientare, amplasamentul liniei);
- raza minimă admisă la proiectarea liniei;
- lungimea utilă a liniilor de primire-expediere din stație;
- tipul de instalații de semnalizare, centralizare și bloc (SCB) și instalațiile de telecomunicații (TTR)
- modul de organizare a circulației trenurilor.

Elementele tehnice caracteristice ale liniei exercită o influență hotărâtoare asupra capacității posibile de circulație și de transport a liniei, precum și asupra volumului cheltuielilor de investiție și a celor de exploatare.

Pentru inginerul constructor feroviar este important să cunoască modul cum se stabilesc elementele principale ale traseului, și anume : declivitatea maximă a traseului, direcția de dezvoltare și raza minimă a traseului.

Un rol hotărâtor în alegerea elementelor tehnice caracteristice ale liniei, îl au condițiile topografice, geologice, hidrologice specifice regiunii unde se proiectează linia, precum și volumul probabil al traficului.

Volumul probabil al traficului și alte date de trafic se

stabilirea prin efectuarea unor cercetări economice.

VII.1. Cercetări economice la proiectarea liniilor noi și reconstruirea liniilor existente

VII.1.1. Noțiuni privind efectuarea cercetărilor economice

Cercetările economice au ca scop stabilirea volumului probabil de transporturi în viitor.

Dacă din cercetările economice rezultă că între volumul ce trebuie să fie transportat și capacitatea rețelei de căi ferate există disproporții, se vor elabora măsuri corespunzătoare pentru lichidarea acestor situații, cum ar fi: sporirea capacității pe anumite secții ale rețelei de căi ferate, utilizarea obligatorie a rutelor ocolitoare, trecerea unei părți a volumului produselor transportate, la alte mijloace de transport.

Sporirea capacității pe anumite secții ale rețelei de căi ferate se poate obține prin :

- măsuri tehnico - organizatorice;
- îmbunătățirea construcțiilor și instalațiilor de semnalizare, centralizare și bloc;
- îmbunătățirea cantitativă și calitativă a materialului rulant;
- construirea de linii noi sau reconstruirea celor existente;

În cazul când se consideră indicat ca sporirea capacității liniei să fie realizată prin construirea de linii noi sau reconstruirea celor existente, se vor efectua cercetări economice speciale pentru stabilirea indicatorilor principali ai activității liniei între care au rol de seamă îl are traficul probabil.

Rezultă că cercetările economice furnizează datele necesare pentru întocmirea planului de transporturi, elaborarea celor mai indicate măsuri pentru realizarea acestuia și, în sfârșit, dau posibilitatea stabilirii volumului probabil de transporturi pe liniile care vor fi construite sau reconstruite.

Importanța cercetărilor economice în proiectarea și construirea căilor ferate noi, precum și în reconstruirea căilor ferate existente rezultă din :

- rolul însemnat pe care îl au căile ferate din punct de vedere economic, politic, cultural și strategic;
- diversitatea condițiilor topografice, geologice, hidrologice climatice și de execuție a lucrărilor de construcție;

- volumul marelui investițiilor;
- însemnătatea elementelor caracteristice ale liniei pentru efectuarea transporturilor.

Clasificarea cercetărilor economice. Cercetările economice, în vederea întocmirii părții economice a proiectului de construire a unei căi ferate existente, se împart în două categorii :

- cercetări economice complexe (pe probleme);
- cercetări economice pe traseu (de linie);

Cercetările economice complexe (pe probleme) sînt acele cercetări care se fac la stabilirea și compararea diferitelor variante pentru îmbunătățirea rețelei de transporturi și care se deosebesc fie prin direcția lor generală, fie prin mijlocul de transport folosit pentru îmbunătățirea transporturilor.

Cercetări economice pe traseu (de linie) se efectuează cînd se cunosc stațiile finale ale liniei și direcția generală pe care aceasta trebuie s-o urmeze. În astfel de cazuri se pune doar problema definitivării locului de joncțiune cu liniile existente și a stabilirii unor variante locale, de obicei, pe o lungime neînsemnată față de lungimea totală a liniei.

Cercetările economice pe traseu se efectuează și în cazul în care se cunoaște numai una dintre stațiile de joncțiune cu rețeaua de căi ferate existente. De asemenea, se efectuează cercetări economice pe traseu și atunci cînd se cunoaște doar direcția generală a liniei.

Cercetările economice sînt diferite în cursul proiectării unei căi ferate și depind de faza de proiectare.

În funcție de faza de proiectare, cercetările economice pe traseu se împart în două grupe;

- cercetări economice preliminare;
- cercetări economice definitive.

Succesiunea operațiilor în cercetările economice.

Teritoriul ale cărui centre economice și centre populate sînt deservite integral sau parțial de o cale de comunicație se numește zonă de influență a căii de comunicație. Zonele de influență ale căii ferate - cunoscută și sub numele de zone de gravitație sau zone de atracție - sînt de două feluri: zonă de influență locală și zonă de influență de tranzit.

Zona de influență locală a unei căi ferate cuprinde teritoriul pe care se găsesc toate centrele economice și centrele populate

existența și viitoare, care primesc sau expediază mărfuri prin stațiile aflate pe acea linie.

Zona de influență de transit, a unei căi ferate cuprinde totalitatea centrelor economice și centrelor populate existente și viitoare ale căror mărfuri și călători tranzitează pe acea linie ferată. Aceasta înseamnă că atât mărfurile cât și călătorii din zona de influență de transit, pentru a ajunge la stațiile de destinație, folosesc în întregime linia proiectată.

Înainte de a stabili zona de influență pentru o linie carecare este necesar să se facă o cercetare prealabilă a teritoriului, a ramurilor economice, a centrelor economice și a centrelor populate care pot fi deservite de linia dată. Teritoriul supus acestei examinări poartă numele de zona cercetărilor preliminare.

Cercetările economice preliminare se efectuează în următoarea ordine:

a/ În baza cerințelor din tema de proiectare și pe baza condițiilor locale se stabilește însemnătatea liniei și rolul pe care îl are în dezvoltarea regiunii din punct de vedere economic, politic și cultural. Se cercetează și se analizează critic materialul obținut cu ocazia încercărilor anterioare de a proiecta, construi și îmbunătăți sistemul de comunicație din regiune. O atenție deosebită se acordă studiului materialului din cercetările economice anterioare. Pe baza datelor astfel obținute se va putea stabili dacă linia cercetată este o linie importantă, având un însemnat trafic de transit sau este o linie de importanță locală.

b/ În funcție de însemnătatea liniei se stabilesc centrele economice prin care va trece linia ferată. Direcția liniei, obținută prin unirea principalelor centre economice din regiunea prin care trece calea ferată, se numește direcția economică a liniei.

La liniile având un însemnat trafic de transit, centrele economice prin care trece linia se stabilesc astfel încât lungimea liniei să fie minimă, adică direcția liniei să fie cât mai aproape de linia dreaptă care unește punctele extreme. La liniile de însemnătate locală, centrele economice prin care va trece linia se stabilesc astfel încât linia obținută să satisfacă în cele mai bune condiții cerințele de transport ale regiunii, chiar dacă linia se va abate de la direcția după care s-ar putea obține linia cu lungimea cea mai scurtă.

c/ Pentru fiecare direcție economică a liniei se stabilesc limitele zonei de influență și se studiază cu toată grija teritoriul

aprius în interiorul granițelor zonei de influență. Se cercetează :

- caracteristicile teritoriului din punct de vedere geografic;
- împărțirea administrativă a zonei de influență;
- repartizarea geografică a principalelor bogății naturale (resurse energetice, săchimate) și posibilitățile de folosire în prezent și viitor;
- caracteristicile principalelor centre economice și centre populate;

d/ Se cercetează căile de comunicație din regiune și eficacitatea folosirii lor. Se stabilește prețul de cost pentru transportul unei tone marfă pe o distanță de un kilometru pe căile de comunicație existente.

e/ Se stabilește stadiul actual și perspectivele de dezvoltare a economiei naționale în zona de influență a căii ferate. Se determină volumul producției industriale și agricole atât pe ramuri de producție cât și pe centre economice. De asemenea, se determină și nevoile de consum ale regiunii.

Stabilirea zonei de influență locale. Pentru stabilirea zonei de influență a unei linii se pot folosi metode grafice, analitice și grafo-analitice.

Alegerea metodei se face în funcție de faza de proiectare și de gradul de exactitate ce trebuie realizat în determinarea zonei de influență.

Dintre metodele grafice pentru stabilirea zonei locale de influență și-au găsit o largă răspândire metoda bisectoarelor și metoda perpendicularelor.

Metoda bisectoarelor se bazează pe ipoteza că centrele economice și centrele populate aflate la distanțe egale de linia proiectată și linia existentă sînt deservite în aceleași condiții de ambelă linii; aceste centre economice și centre populate vor constitui granițele zonei de influență. Așadar, în metoda bisectoarelor, limitele zonei de influență locale a liniei se determină ca locul geometric al punctelor egal depărtate de linia proiectată și de linia existentă.

Metoda bisectoarelor se folosește în cercetările economice preliminare, deoarece rezultatele obținute lasă de dorit din punctul de vedere al exactității lor. Astfel, la determinarea zonei de influență prin acest procedeu nu se țin seama de condițiile concrete din regiune, ca: relieful, existența cursurilor de apă, mijloacele de transport, legătura reciprocă dintre centrele economice.

Metoda perpendiculararelor constă în stabilirea limitelor zonei de influență ca loc geometric al punctelor egal depărtate de stațiile situate pe linia proiectată și cele aflate pe liniile existente. Metoda perpendiculararelor se bazează pe compararea distanțelor măsurate de la centrele economice la stațiile de pe liniile existente. Procedul perpendiculararelor are aceleași avantaje și inconveniente ca și procedul bisectoarelor; prin procedul perpendiculararelor se obține un numai zona de influență pentru linia proiectată dar și zonele de influență ale stațiilor aflate pe linia proiectată.

Metoda grafo-analitică pentru determinarea zonei de influență constă în determinarea limitelor zonei de influență mai întâi cu ajutorul unei metode grafice - metoda bisectoarelor sau metoda perpendiculararelor - iar apoi în corectarea limitelor zonei de influență în baza unor calcule analitice având în vedere condițiile topografice ale regiunii, mijloacele de transport și prețul de cost de transport precum și legăturile dintre diferitele centre pe linie economică.

Metoda analitică pentru determinarea zonei de influență. Pentru stabilirea riguroasă a zonei de influență este necesar să se analizeze - pe lângă factorii de mai sus - și cantitățile de mărfuri ce sînt schimbate atît între centrele economice din regiunea în care se proiectează linia, cît și cantitatea de mărfuri schimbată între aceste centre și cele aflate în alte regiuni. Cercetarea fiecărui centru economic din punct de vedere al producției economice, al consumului și al nevoilor de transport, constituie esența metodei analitice pentru determinarea zonei de influență. Pentru stabilirea zonei de influență este necesar ca în prealabil să se studieze și să se strîngă date privind:

- legăturile pe linie economică și tehnologică dintre centrele economice și centrele populate aflate în regiunea străbătută de calea ferată;
- condițiile de transport al mărfurilor pe liniile ferate existente, pe linia ferată ce se va proiecta, precum și pe celelalte mijloace de transport;
- condițiile topografice și celelalte condiții naturale ale regiunii.

Se analizează separat situația fiecărui sat, comună și oraș se stabilește în care zonă de influență se găsește: a liniilor existente sau a liniei proiectate. Criteriul cel mai important pentru includerea centrelor economice în sfera de atracție a liniei proiectate îl

constituie prețul de cost pentru transportul mărfii de la locul producției la locul de consum. Metoda analitică pentru stabilirea zonei de influență a unei linii constă în compararea prețurilor de cost obținute pentru transportul pe două rute a unei tone de la un centru oarecare pînă la stația de destinație. Este necesar ca o rută să fie formată în exclusivitate din căi de comunicații existente, iar cealaltă rută trebuie să cuprindă în mod obligatoriu în parte, sau în întregime, linia proiectată.

La stabilirea granițelor zonei de influență trebuie să se țină seama de faptul că în timp o parte din condițiile ce au influențat stabilirea zonei de influență se pot modifica, ceea ce va avea drept consecință modificarea granițelor zonei de influență în decursul timpului. În mod practic se va determina zona de influență corespunzătoare perioadelor de calcul stabilite (2, 5, 10 ani și perspectivă).

Clasificarea traficului de mărfuri (ca de altfel și cel de călători) poate fi, în raport cu locul de încărcare și stația de destinație, de mai multe feluri și anume: trafic de mărfuri ieșite; trafic de mărfuri intrate; trafic de mărfuri local; trafic de mărfuri în tranzit.

Traficul de mărfuri ieșite, reprezintă volumul de mărfuri care vor fi încărcate și expediate din stațiile liniei proiectate cu destinația pentru alte stații de pe rețea.

Traficul de mărfuri intrate, reprezintă volumul de mărfuri încărcate în stațiile altor linii de pe rețea, care vor fi primite și descărcate la stațiile liniei proiectate.

Traficul de mărfuri ieșite și traficul de mărfuri intrate au valori ce diferă de la stație la stație.

Transporturile locale sînt formate din mărfurile care se încarcă la unele stații de pe linia proiectată și se vor descărca în alte stații aflate tot pe linia proiectată.

Traficul de mărfuri în tranzit, adică mărfurile încărcate în stațiile ce nu aparțin liniei proiectate dar care pentru a ajunge la stațiile de destinație străbat linia proiectată.

VII.1.2. Calculul volumului de transporturi

Sarcina principală a cercetărilor economice preliminare efectuate în legătură cu proiectarea unei linii noi sau cu reconstruirea unei linii existente, constă pe deo parte în stabilirea localităților de la care se expediază și spre care se îndrumază diferite

mărfuri, iar pe de altă parte, în determinarea volumului de transporturi.

În statele cu economie socialistă, planurile economice permit cunoașterea modului de dezvoltare a diferitelor ramuri și sectoare ale economiei naționale oferind, astfel, posibilitatea prevederii volumului transporturilor și a curenților de transport pentru perioade de timp mai îndepărtate.

Volumul transporturilor de mărfuri. Volumul transporturilor și al curenților de transport este determinat de volumul producției și de repartizarea resurselor pe consumatori.

Volumul producției și volumul de transport se determină pentru principalele grupe de mărfuri, și anume: țitei și produse petroliere; cărbuni; produse metalurgice feroase, neferoase; mașini și utilaje; produse din lemn, lemne de foc; produse de carieră și balastieră; materiale de construcții; cereale; sfeclă de zahăr; produsele industriei ușoare și chimie; produse alimentare. Restul produselor se arată într-o grupă separată, denumită "diverse" și reprezintă aproximativ 10-20% din totalul transporturilor. Produsele cuprinse în această grupă nu se mai analizează separat, deoarece pe de o parte sînt numeroase, iar pe de altă parte, reprezintă un procent mic în componența generală a volumului transporturilor.

Pentru principalele produse industriale și agricole se determină producția, iar apoi se stabilește cantitatea ce urmează a fi transportată.

Calcularea volumului de producție și de consum al produselor industriale se recomandă să fie făcută pe baza unor balanțe de materiale. Balanțele de materiale elaborate pe centre de producție și de consum permit cunoașterea excedentului și a deficitului de produse pe centre. În baza acestor balanțe de materiale, și urmărind satisfacerea completă a nevoilor centrelor deficitare, realizarea integrală a producției centrelor excedentare și asigurarea folosirii raționale a mijloacelor de transport, se întocmește planul general de aprovizionare și repartiție.

Cunoscînd excedentul și deficitul de produse, precum și legătura dintre centrele de producție și centrele de consum, se trece la o nouă etapă de stabilirea volumului de transporturi și anume, la elaborarea balanței de transport. Prin întocmirea balanței de transport se înțelege stabilirea rutei și a mijlocului de transport pentru fiecare produs de la centrul de producție la centrul de consum. Întocmirea balanței de transport permite să se stabilească direcția și

intensitatea curenților de mărfuri ce se formează prin transportarea produselor din zonele de producție în zonele de consum. Balanța de transport se întocmește pe produse transportate pentru fiecare centru economic, atât pentru produsele ce se expediază, cât și pentru cele ce se primesc.

La alcătuirea balanței centralizatoare pentru întregul schimb de produse trebuie să se țină seama de amplasarea stațiilor și de cantitățile de produse ce se vor transporta în diferite perioade de timp de la o stație la alta. Pentru a putea întocmi balanța centralizatoare de transport este necesar să se stabilească în prealabil cantitatea de produse ce se expediază sau se primesc de către stațiile aflate pe linia proiectată (sau în reconstrucție), precum și cantitățile de produse care pentru a ajunge la stațiile de destinație, vor parcurge în întregime linia proiectată (sau în reconstrucție).

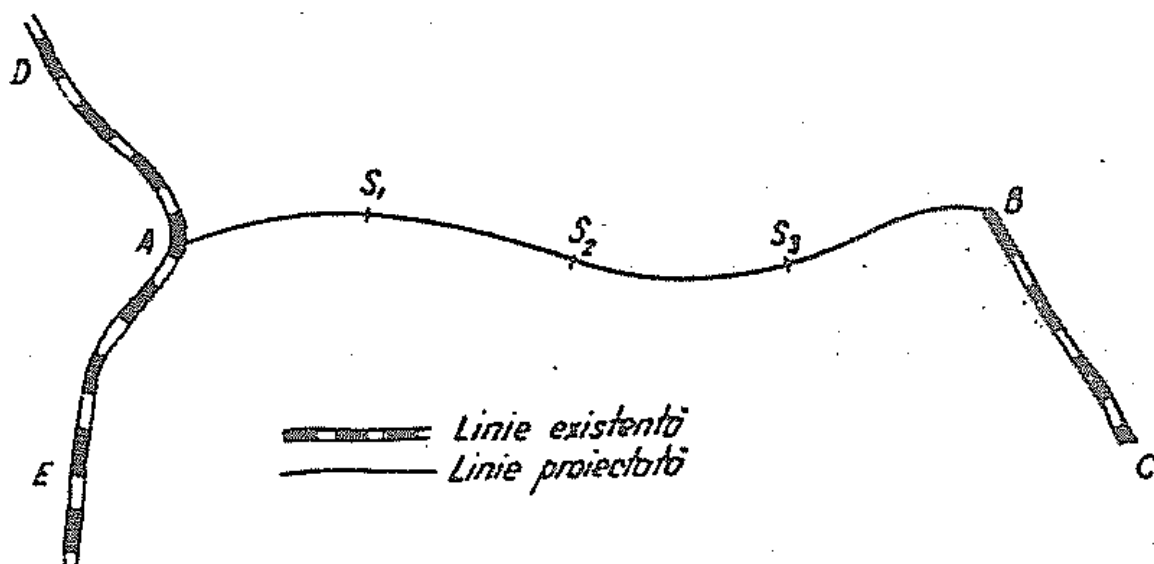


Fig.VII.1. Representarea schematică a amplasării stațiilor pe o linie de cale ferată pentru care se întocmește balanța centralizatoare de transport

Astfel, la proiectarea unei linii existente (fig.VII.1), balanța centralizatoare pentru schimbul de produse între centrele economice deservite de linia proiectată AB și restul centrelor economice, se alcătuiește pentru câteva perioade de timp și se prezintă ca în tabelul VII.1.

Tabelul VII. 1

Balanta centralizatoare de transport

Expedieri Primi (sosiri)	L a s t a t i i l e							Total
	Dincolo de sta- tia A	A	S ₁	S ₂	S ₃	B	Dincolo de sta- tia B	
Din stațiile situa- te dincolo de A								
Din stația A								
Din stația S ₁								
Din stația S ₂								
Din stația S ₃								
Din stația B								
Din stațiile situa- te dincolo de B								
T o t a l								

Balanțele centralizatoare de transport permit să se determine pentru fiecare linie proiectată sau linie în construcție:

- cantitatea de mărfuri ce se transportă într-un sens și în celălalt sens de circulație;
- cantitatea de produse expediate din fiecare stație și primite de fiecare stație aflate pe linia proiectată sau în reconstrucție;
- cantitatea de produse ce se transportă pe diferite sectoare de linii;
- cantitatea de produse pe diferite feluri de transport, ca: transport local, de transit, transport de expediare, transport de sosire.

Traficul de călători. Paralel cu stabilirea volumului traficului de mărfuri se vor efectua cercetări economice și pentru stabilirea volumului traficului de călători. Datele obținute privind traficul de călători servesc la: determinarea capacității necesare liniei, stabilirea numărului de trenuri de călători precum și la proiectarea construcțiilor și instalațiilor din stații necesare pentru deservirea călătorilor.

Metodele întrebuițate la determinarea traficului de mărfuri nu pot fi folosite la stabilirea traficului de călători. De aceea,

volumul transporturilor probabile de călători pe o linie nouă se stabilește prin analogie cu volumul transporturilor de călători de pe o linie existentă ce se găsește în condiții asemănătoare. Se înțelege că rezultatele obținute în acest mod au valori aproximative.

În cazul reconstruirii liniilor existente se poate determina cu mare exactitate traficul de călători, pornind de la datele statistice ce caracterizează activitatea liniei.

Volumul transporturilor în traficul de călători este determinat de numeroși factori, dintre care cei mai importanți sînt următorii : densitatea populației; indicele de creștere a populației; gradul de dezvoltare economică a regiunii; creșterea nivelului material și cultural al populației; raportul dintre populația din mediul urban și mediul rural; gradul de dezvoltare a turismului..

Observațiile obținute în exploatarea căilor ferate confirmă o strînsă legătură între volumul traficului de călători și densitatea populației. De aceea, calcularea volumului de transport în traficul de călători se face pe baza indicelui ce reprezintă proporționalitatea dintre numărul călătorilor și numărul locuitorilor din zona de gravitație a liniei proiectate. De asemenea, se acordă o atenție deosebită indicelui de creștere a populației și indicelui de creștere a nivelului material și cultural al populației.

La reconstruirea liniilor existente, calcularea volumului transporturilor de călători se face separat pentru: traficul de tranzit, (direct), traficul local și traficul suburban.

Numărul călătorilor transportați se consideră egal pentru ambele sensuri.

VII.1.3. Volumul total al transporturilor și influența sa asupra proiectării liniilor noi și a reconstruirii liniilor existente

VII.1.3.1. Datele de trafic (indicatorii principali) ale activității liniei

Cu ocazia efectuării cercetărilor economice, privind proiectarea unei linii noi sau reconstruirea unei linii existente, trebuie stabilite anumite date de trafic (indicatori principali) atât pentru transporturile de mărfuri cît și pentru transporturile de călători. Indicatorii principali ai activității liniei sînt:

1. Volumul total al transporturilor de mărfuri în tone transportate, reprezintă totalul transporturilor de mărfuri sosite, expediate, locale și transitate în timp de un an :

$$T_M = T_M \text{ sos} + T_M \text{ exp} + T_M \text{ loc} + T_M \text{ tranz} \quad [t] \quad (\text{VII.1})$$

Aproape întotdeauna volumul transporturilor într-un sens de circulație se deosebește ca mărime de volumul transporturilor în celălalt sens de circulație; din această cauză volumul transporturilor se determină separat pe sensuri de circulație. Volumul total al transporturilor se stabilește astfel :

$$T_M = T_M^I + T_M^{II} \quad [t] \quad (\text{VII.2})$$

în care:

T_M^I este volumul total al transporturilor de mărfuri în sensul traficului dominant, în t;

T_M^{II} - volumul total al transporturilor de mărfuri în sensul traficului minim, în t.

2. Volumul total al transporturilor de mărfuri în timp de un an, exprimat în tone-kilometri, reprezintă numărul de tone-kilometri parcurși de mărfuri pe linia proiectată și se determină ca suma produselor dintre volumul mărfurilor sosite, expediate, locale și tranzitate pe de o parte și distanțele medii corespunzătoare pe de altă parte :

$$V_M = T_M \text{ sos} \cdot l_{\text{sos}}^M + T_M \text{ exp} \cdot l_{\text{exp}}^M + T_M \text{ loc} \cdot l_{\text{loc}}^M + L \cdot T_M \text{ tranz} \quad [t \text{ km}] \quad (\text{VII.3})$$

3. Densitatea transporturilor de mărfuri reprezintă volumul total anual al transporturilor de mărfuri, în tone-kilometri, raportat la lungimea liniei :

$$D_M = \frac{V_M}{L} \quad \left[\frac{t \cdot \text{km}}{\text{km}} \right] \quad (\text{VII.4})$$

Densitatea transporturilor de mărfuri se determină separat, pentru fiecare sens de circulație, pe feluri de produse. Această dată de trafic joacă un rol însemnat la stabilirea capacității liniei.

4. Intensitatea circulației în traficul de mărfuri (capacitatea de circulație necesară) reprezintă numărul mediu de trenuri de marfă ce circulă în decurs de 24 ore pe o anumită linie și se determină separat pentru fiecare sens de circulație cu relația :

$$N_M^I = \frac{D_M^I}{365 \cdot G_{\text{neto}}} \quad [\text{trenuri/zi}] \quad (\text{VII.5 a})$$

$$N_M^{II} = \frac{D_M^{II}}{365 \cdot G_{\text{neto}}} \quad [\text{trenuri/zi}] \quad (\text{VII.5 b})$$

unde: D_M^1 reprezintă densitatea transporturilor de mărfuri, în sensul traficului dominant;

D_M^2 - densitatea transporturilor de mărfuri pentru celălalt sens de circulație;

G_{neto} - tonajele neto ale trenurilor de marfă.

5. Densitatea circulației în traficul de mărfuri se exprimă prin numărul mediu de trenuri - km raportat la lungimea liniei :

$$N_M^1 = \frac{D_M^1 \cdot l^{\text{med}}}{L} \left[\frac{\text{trenuri.km}}{\text{km/zi}} \right] \quad (\text{VII.6 a})$$

$$N_M^2 = \frac{D_M^2 \cdot l^{\text{med}}}{L} \frac{\text{trenuri.km}}{\text{km/zi}} \quad (\text{VII.6 b})$$

6. Neuniformitatea traficului de mărfuri pe sensurile de circulație. De cele mai multe ori, densitatea transporturilor în cele două sensuri de circulație are mărimi diferite și se caracterizează prin coeficientul de neuniformitate a traficului de mărfuri pe sensuri de circulație.

Prin coeficient de neuniformitate a traficului de mărfuri pe sensuri de circulație se înțelege raportul dintre densitatea transporturilor de mărfuri în sensuri de circulație a traficului minim de mărfuri și densitatea transporturilor de mărfuri în sensul de circulație a traficului dominant, și se obține din relația :

$$k = \frac{D_M^2}{D_M^1} \quad (\text{VII.7})$$

Dacă densitatea transporturilor de mărfuri este aceeași în ambele sensuri de circulație, atunci coeficientul de neuniformitate a traficului de mărfuri pe sensuri de circulație este egal cu unitatea ($k = 1$), ceea ce asigură o utilizare bună a capacității liniei.

În cazul în care densitatea transporturilor de mărfuri are valori diferite în cele două sensuri de circulație, atunci coeficientul de neuniformitate a traficului de mărfuri pe sensuri de circulație este diferit de unitate ($k \neq 1$) ceea ce, de regulă, atrage după sine curse goale pentru vagoanele de marfă și parcursuri izolate pentru locomotive.

7. Neuniformitatea traficului de mărfuri în cursul anului

După cum se știe, în cadrul cercetărilor economice se stabilește volumul total al transporturilor pentru un an. În practică, s-a constatat că volumul total al transporturilor este însoțit de variații periodice care se repetă aproape cu regularitate în diferite luni

ale anului cunoscute sub denumirea de variații sezoniere. Aceste variații influențează defavorabil întreaga activitate a căilor ferate. Ele diferă după felul produselor; sînt foarte accentuate la produsele agricole și mai puțin accentuate la cele industriale.

Neuniformitatea transporturilor de mărfuri în cursul anului este determinată de următoarele cauze: creșterea volumului producției caracterul sezonier al producției și al consumului, caracterul sezonier al producției și al consumului, caracterul sezonier al transporturilor fluviale.

Gradul de neuniformitate a traficului în cursul anului se exprimă prin coeficientul de neuniformitate la vîrf de trafic lunar (δ) care se determină prin raportul dintre densitatea transporturilor de mărfuri în luna de vîrf și densitatea medie lunară a transporturilor de mărfuri :

$$\delta = \frac{D_{\text{max}}}{D_{\text{med}}} \quad (\text{VII.8})$$

Pentru nevoile de proiectare a unei linii noi sau de reconstrucție a unei linii existente este suficient să se stabilească coeficientul de neuniformitate la vîrf de trafic lunar. Cerințele unei planificări raționale a transporturilor necesită stabilirea coeficientului la vîrf de trafic zilnic, ceea ce permite calcularea gradului de neuniformitate a traficului în cursul unei luni.

Stabilirea coeficientului de neuniformitate la vîrf de trafic lunar pe linia proiectată se face prin analogie, folosind datele statistice de pe mai mulți ani ale liniilor existente, care încrează în condiții asemănătoare cu condițiile prevăzute pentru linia proiectată. În cazul proiectării reconstruirii unei linii existente, coeficientul de neuniformitate la vîrf de trafic lunar se determină direct cu ajutorul datelor statistice ale transporturilor din perioada analizei. Și într-un caz și în celălalt se va analiza posibilitatea atenuării vîrfurilor sezoniere în transporturi, prin lărgirea rețelei de magazine și silozuri. Ca urmare a industrializării țării și a construirii unor magazine și silozuri de mare capacitate pentru depozitarea mărfurilor sezoniere, neuniformitatea traficului de mărfuri are tendința să scadă. În prezent, coeficientul de neuniformitate la vîrf de trafic lunar pentru traficul de mărfuri corespunzător la întreaga rețea de cale ferată reprezintă :

- 1,1 pentru liniile cu un volum însemnat de transporturi în tranzit și cu un trafic de mărfuri format în majoritate din produse industriale;

1,15 pentru liniile secundare și cu un trafic de mărfuri format în majoritate din produse agricole.

În funcție de condițiile locale ale liniilor noi proiectate sau reconstruite, coeficientul de neuniformitate la vîrf de trafic lunar de mărfuri poate depăși cu mult aceste valori.

Neuniformitatea traficului de mărfuri în cursul anului depinde de structura traficului de mărfuri. Deoarece structura traficului de mărfuri, de regulă, nu este aceeași în ambele sensuri de circulație, rezultă că și coeficienții de neuniformitate la vîrf de trafic lunar pentru fiecare din cele două sensuri au, de obicei, valori diferite:

În sensul traficului dominant :

$$\gamma' = \frac{D' \ell_{\max}}{D' \ell_{\text{med}}} \quad (\text{VII.9 a})$$

iar în sensul traficului minor :

$$\gamma'' = \frac{D'' \ell_{\max}}{D'' \ell_{\text{med}}} \quad (\text{VII.9 b})$$

După ce s-a determinat neuniformitatea traficului pentru întreaga linie, se trece la stabilirea neuniformității traficului pentru fiecare stație, separat pe feluri de transporturi: sosite, expediate și locale și separat pe feluri de produse. Datele obținute servesc la calculul capacității construcțiilor și instalațiilor din stație.

8. Coeficientul traficului de mărfuri în tranzit reprezintă raportul dintre densitatea transporturilor în traficul de mărfuri în tranzit către densitatea transporturilor de mărfuri și se obține din relația :

$$\alpha = \frac{D_{\text{trans}}}{D} \quad (\text{VII.10})$$

Coeficientul traficului de mărfuri în tranzit are valori subunitare.

Datele de trafic pentru transporturile de călători: volumul total al transporturilor de călători, exprimat în călători transportați și călători - km, densitatea transporturilor de călători și intensitatea circulației în traficul de călători se determină în mod analog cu datele de trafic în transporturile de mărfuri.

Volumul total al transporturilor de călători (exprimat fie în călători transportați, fie în călători-kilometru), densitatea trans-

porturilor, intensitatea de circulație a trenurilor și densitatea de circulație a trenurilor în traficul de călători se stabilește - în-
toamă ca și în traficul de mărfuri - pe sensuri de circulație.

Intensitatea de circulație a trenurilor de călători se calcu-
lează separat pe sensuri de circulație și categorii de transporturi.

La fel ca și în traficul de mărfuri se calculează neuniformi-
tatea traficului de călători pe sensuri de circulație, neuniformita-
tea traficului de călători în cursul anului și coeficientul traficului
de călători în tranzit.

VII.1.3.2. Rolul datelor de trafic (indicatorilor principali) ale activității liniei în proiectarea liniilor noi și în reconstruirea liniilor existente

Una dintre problemele cele mai importante la proiectarea liniil-
lor noi și în reconstruirea liniilor existente constă în alegerea ca-
racteristicilor tehnice ale liniei, întrucât de modul în care s-a so-
luționat această problemă depind atât condițiile de exploatare a li-
niei, cât și cheltuielile de investiție și de exploatare a liniei. Ale-
gerea elementelor caracteristice tehnice ale liniei depinde în mare mă-
sură de volumul probabil al transporturilor, de coeficientul de neuni-
formitate a traficului pe sensuri de circulație și de coeficientul de
neuniformitate la vîrf de trafic.

Volumul total al transporturilor de mărfuri, volumul total al trans-
porturilor de călători, precum și intensitatea circulației în traficul
de mărfuri și intensitatea circulației în traficul de călători servesc
la alegerea unor elemente tehnice de bază, ca: scartamentul liniei, ca-
tegoria liniei, numărul firelor de circulație, direcția liniei, resis-
tența caracteristică, sistemul de tracțiune, tipul de locomotivă, mij-
loacele de semnalizare, centralizare, blocare și telecomunicații.

Cunoașterea volumului probabil total al transporturilor de măr-
furi și al transporturilor de călători pentru cele două sensuri de cir-
culație permite stabilirea numărului necesar de trenuri de marfă, res-
pectiv de călători, care vor circula pe linia proiectată sau pe linia
reconstruită.

Volumul probabil total al transporturilor de mărfuri și al
transporturilor de călători are un rol hotărîtor în stabilirea capaci-
tății posibile de transport a liniei proiectate sau a liniei reconstru-
ite, precum și a capacităților de transport și de prelucrare a stații-
lor aflate pe aceste linii.

Coeficienții de neuniformitate ai traficului de mărfuri și de călători în cele două sensuri de circulație joacă un rol deosebit în stabilirea rezistenței caracteristice. Cunoașterea coeficienților de neuniformitate a traficului pe cele două sensuri de circulație permite de a se stabili dacă este justificată folosirea, la construcția liniei, a unei declivități mai accentuate în sensul traficului minim.

Dacă volumul transporturilor în cele două sensuri de circulație este același, este normal ca și rezistențele caracteristice în cele două sensuri de circulație să fie egale între ele. Dacă însă volumul transporturilor în cele două sensuri este de mărimi diferite, de multe ori devine foarte avantajoasă folosirea în sensul traficului minim a unei declivități mai mari decât în sensul traficului maxim.

Cunoașterea structurii traficului pe feluri de mărfuri, produse și pe feluri de transporturi (de sosire, expediere, locale, transit) dă posibilitatea să se stabilească: capacitatea principalelor construcții și instalații din stații, necesare pentru încărcarea și descărcarea mărfurilor, cum ar fi magazinele și cheiurile de încărcare și descărcare, spațiile de depozitare etc; parcul de material rulant necesar pentru a asigura efectuarea tuturor felurilor de transporturi.

Între proiectarea construcțiilor și instalațiilor unei linii, pe de o parte, și între volumul și structura transporturilor pe de altă parte, există o strânsă legătură. Influența exercitată de datele de trafic ale liniei asupra proiectării liniilor noi sau în măsura reconstrucției liniilor existente nu trebuie privită izolat de factorii ce influențează proiectarea și reconstruirea liniilor, ca: condițiile topografice (configurația reliefului), condițiile climatice, hidrologice, hidrogeologice, geologice, geotehnice, utilizarea tehnică a liniilor existente, posibilitățile de îmbunătățire în viitor a materialului rulant etc.

Cunoașterea tuturor acestor condiții permite a stabilirea judicioasă a elementelor caracteristice tehnice pentru proiectarea liniei și îngăduie totodată și elaborarea unui studiu complet al traseului. Pentru cunoașterea acestor condiții se efectuează cercetări tehnice în regiunea în care se proiectează linia, cercetări care furnizează toate datele necesare studiului traseului. Dintre acestea prezintă o importanță deosebită datele privind relieful terenului pe unde va trece noua linie care se proiectează.

VII.2. Stabilirea rezistenței caracteristice

VII.2.1. Influența mărimii declivității maxime a liniei asupra principalelor caracteristici tehnice și economice ale liniilor de cale ferată

Mărimea declivității maxime a liniei exercită o influență hotărâtoare asupra tuturor caracteristicilor de construcție ale liniei (lungimea liniei, coeficientul de dezvoltare al traseului, volumul lucrărilor de terasamente, de artă) asupra caracteristicilor de exploatare ale liniei (tonajul trenurilor, capacitatea posibilă de circulație și de transport), precum și asupra caracteristicilor economice ale liniei (cheltuielile de investiție și cheltuielile de exploatare).

Declivitatea maximă a unei linii de cale ferată poate fi determinată de una din următoarele declivități: declivitatea caracteristică, declivitatea maximă în cazul tracțiunii multiple, declivitatea caracteristică de trafic, declivitatea de inerție. Deoarece de cele mai multe ori declivitatea maximă a liniei este determinată de către declivitatea caracteristică, în continuare se va analiza doar influența acesteia asupra principalilor indicatori tehnico-economici ai liniei.

Influența declivității caracteristice asupra unor caracteristici de construcție a liniei este redată în fig.VII.2.

Lungimea liniei depinde, în cazul traseelor solicitate, de mărimea declivității caracteristice; cu cât declivitatea caracteristică este mai mare cu atât rezultă trasee cu lungimi mai mici și invers (fig.VII.2 a). Aceasta se datorește faptului că pentru a urca sau coborî o anumită diferență de nivel, este necesar un traseu cu atât mai lung cu cât declivitatea de proiectare este mai mică sau un traseu cu atât mai scurt cu cât declivitatea este mai mare. Din figura VII.2 a. se mai observă că odată cu sporirea declivității caracteristice, lungimea liniei se micșorează până la o anumită limită. Folosirea unor declivități caracteristice mai mari ca declivitatea medie a terenului de-a lungul liniei călăuze, nu mai atrage după sine o reducere corespunzătoare a lungimii traseului, deoarece dacă $i_g \approx i_{mt}$ lungimea traseului atinge valoarea minimă posibilă și devine egală cu lungimea liniei călăuze.

Influența declivității caracteristice asupra coeficientului de dezvoltare a traseului este de aceeași natură cu influența exercitată asupra lungimii liniei (fig.VII.2 b), coeficientul de dezvoltare al traseului rezultă din relația :

$$\lambda = \frac{L}{L_0}$$

(VII.11)

unde:

λ este coeficientul de dezvoltare al traseului;

L - lungimea traseului;

L_0 - lungimea liniei călăuză.

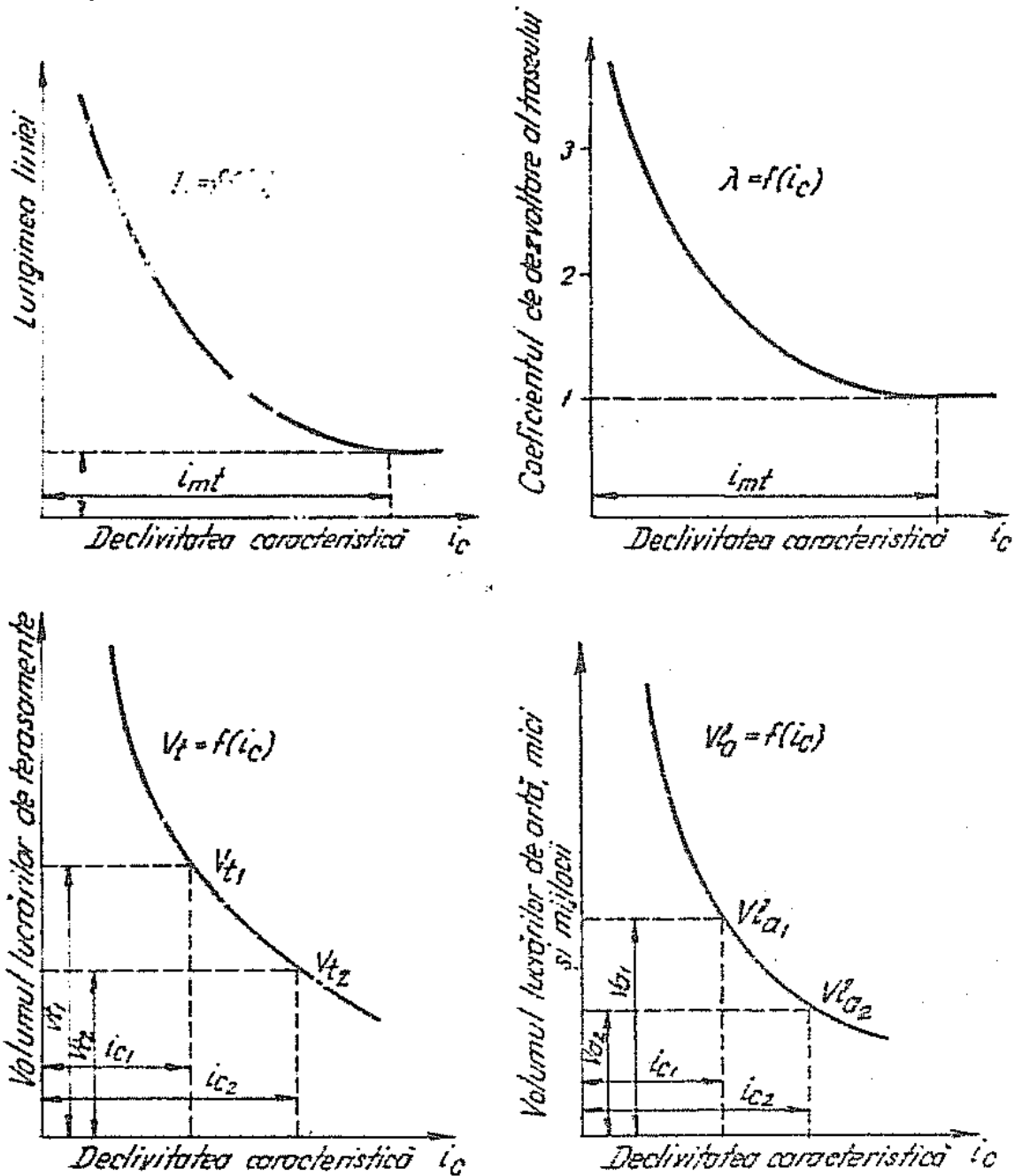


Fig.VII.2. Influența declivității caracteristice asupra unor indicatori tehnici de construcție a liniei

Influența declivității caracteristice asupra volumului lucrărilor de terasamente este redată în fig.VII.2 c. Micșorarea volumului lucrărilor de terasamente odată cu creșterea declivității

caracteristice se datorește atât condițiilor mai bune de înscrierea nivelului la teren (există posibilitatea adoptării unor declivități mai mari), cât și a scurtării liniei ca urmare a creșterii declivității caracteristice.

Mișcarea volumului lucrărilor de artă mici și mijlocii ca urmare a creșterii declivității caracteristice (fig.VII.2 d) are aceeași aplicație: scurtarea lungimii liniei și adaptarea mai bună a traseului la teren.

Influența declivității caracteristice asupra unor indicatori tehnici de exploatare a liniei este prezentată în fig.VII.3.

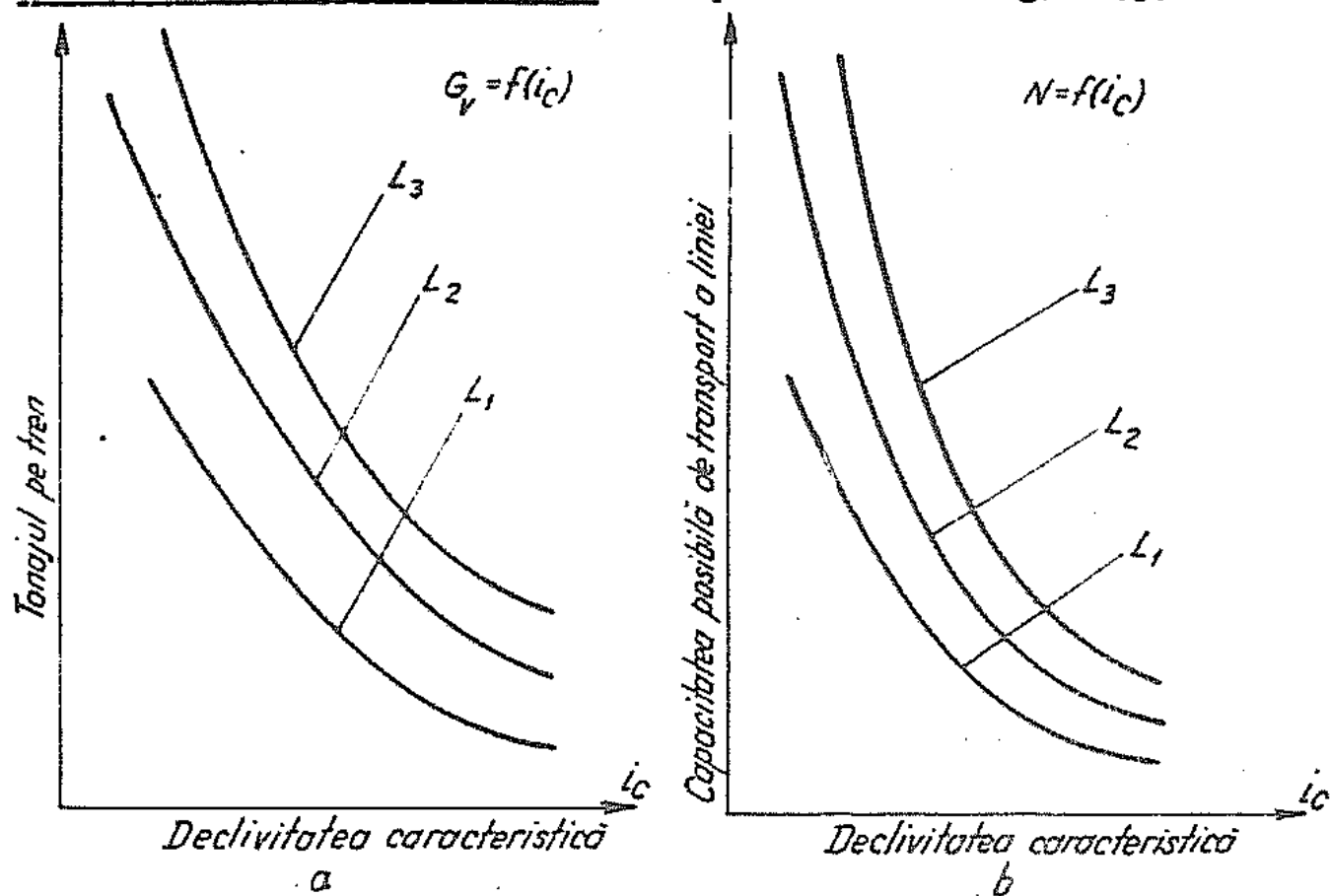


Fig.VII.3. Influența declivității caracteristice asupra unor indicatori tehnici de exploatare a liniei

Influența declivității caracteristice asupra tonajului trenului este prezentată în fig.VII.3 a. Se observă că pentru același tip de locomotivă tonajul trenului variază în raport invers cu declivitatea caracteristică.

Declivitatea caracteristică influențează prin intermediul tonajului și asupra capacității posibile de transport a liniei, așa cum rezultă din relația

$$N = 365 G_v \cdot n$$

$$[t/an]$$

(VII.12)

unde:

N reprezintă capacitatea de transport posibilă a liniei, exprimată în tone transportate în decursul unui an;

G_v - tonajul unui tren, în tone;

n - capacitatea de circulație posibilă a liniei în 24 ore.

Declivitatea caracteristică exercită o influență importantă și asupra unor indicatori economici, ca: cheltuielile de investiție și cheltuielile de exploatare.

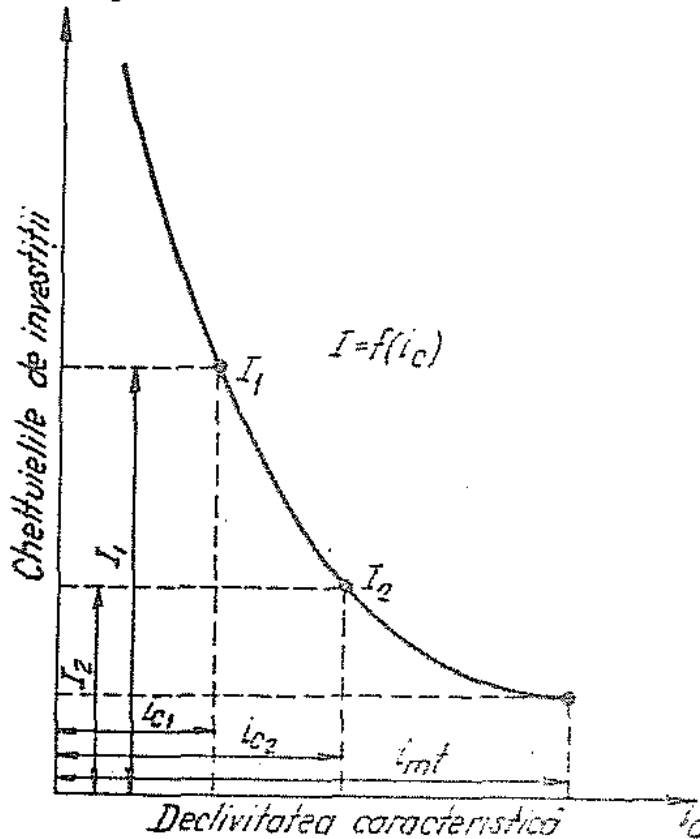


Fig.VII.4. Influența declivității caracteristice asupra cheltuielilor de investiție

Din fig.VII.4, se observă că, cu cât declivitatea caracteristică a liniei este mai mare, cu atât mai mici vor fi cheltuielile de investiție, și invers. Aceasta este un rezultat firesc al influenței exercitate de declivitatea caracteristică asupra lungimii liniei, volumului lucrărilor de terasamente, de artă mici și mijlocii etc. și în consecință, asupra cheltuielilor de investiție necesare pentru realizarea acestor lucrări.

În ceea ce privește influența declivității caracteristice asupra cheltuielilor de exploatare (fig.VII.5 a), se constată că

valoarea minimă a cheltuielilor de exploatare corespunde unei anumite valori a declivității caracteristice. Aceasta se datorește influenței diferite pe care o exercită declivitatea caracteristică asupra elementelor componente ale cheltuielilor de exploatare.

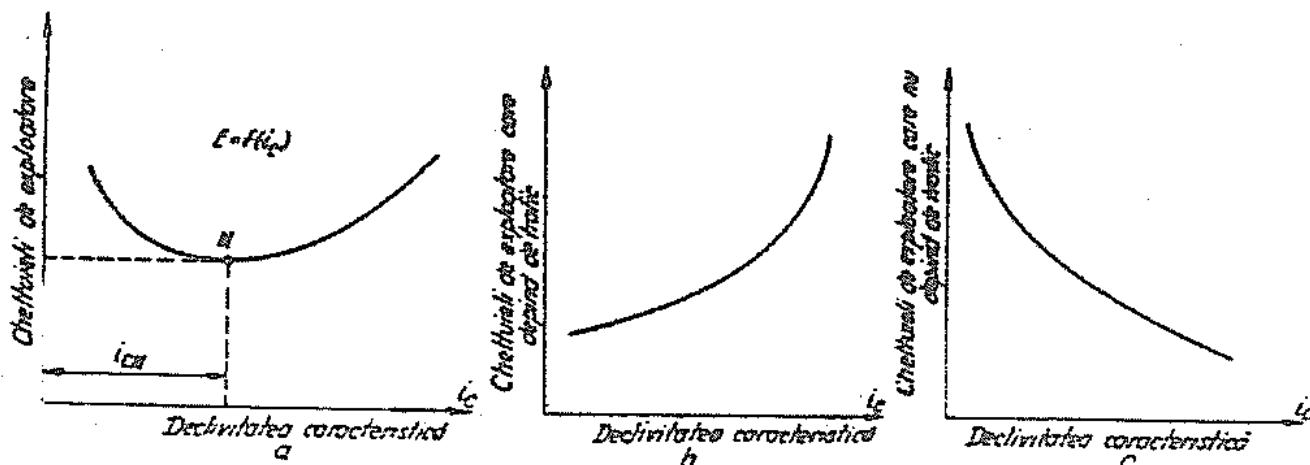


Fig.VII.5. Influența declivității caracteristice asupra cheltuielilor de exploatare

Analizând structura cheltuielilor de exploatare, se constată că acestea se compun din: cheltuielile care depind de volumul traficului (ex: cheltuielile pentru combustibil, cheltuielile pentru plata salariilor echipelor de deservire a trenului) și care cresc odată cu creșterea declivității caracteristice (fig.VII.5 b) și din cheltuielile care nu depind sau, mai corect, depind în mică măsură de volumul traficului (ex: cheltuielile pentru întreținerea liniei, plata personalului de întreținere) și care cresc odată cu micșorarea declivității liniei (fig.VII.5 c). Din acest caracter contradictoriu a variației diferitelor cheltuieli parțiale de exploatare rezultă dependența cheltuielilor totale de exploatare de declivitate caracteristică.

Analiza influenței exercitate de declivitatea caracteristică asupra principalilor indicatori tehnico-economici ai liniei arată că folosirea unor declivități caracteristice de valori mai mari atrage după sine o serie de avantaje: scurterea lungimii liniei, micșorarea volumului lucrărilor de construcție și reducerea cheltuielilor de investiție. Dar în același timp, folosirea unor declivități caracteristice de valori mari duce la înfruntarea indicatorilor de exploatare și la sporirea cheltuielilor de exploatare. De aici rezultă importanța deosebită pe care o prezintă stabilirea corectă a declivității caracteristice.

VII.2.2. Factorii care influențează alegerea mărimii declivității caracteristice

Raportul între economia obținută în privința cheltuielilor de exploatare și surplusul în cheltuielile de investiție poate varia în limite foarte largi pentru fiecare linie, în funcție de condițiile de proiectare și de volumul probabil al transporturilor de mărfuri și călători. Numai o comparație multilaterală sub aspect tehnico-economic, prin luarea în considerare a mai multor valori ale declivității caracteristice, oferă posibilitatea stabilirii soluției optime.

Factorii care determină valoarea declivității caracteristice sînt: relieful, traficul și declivitatea liniilor învecinate.

Relieful exercită o influență determinantă asupra declivității caracteristice ale liniei mai ales în regiunile de munte. Cu cît relieful se prezintă mai accidentat cu atît este mai avantajoasă folosirea unor declivități caracteristice mai mari, ceea ce permite micșorarea lungimii liniei și reducerea volumului lucrărilor de construcție.

Traficul influențează declivitatea caracteristică atît prin mărimea sa cît și prin structura pe care o prezintă.

Cu cît volumul traficului este mai mare cu atît este mai indicată folosirea unor declivități caracteristice mai mici, și invers. Proiectarea liniei cu declivități caracteristice mici permite sporirea tonajului trenului, ceea ce are drept consecință, micșorarea cheltuielilor de exploatare. Economia realizată în privința cheltuielilor de exploatare este cu atît mai substanțială cu cît volumul traficului este mai mare.

Structura traficului exercită de asemenea o influență asupra mărimii declivității caracteristice; cu cît ponderea traficului în tranzit este mai mare în raport cu acelu local cu atît este mai indicat proiectarea unei linii mai scurte, deci cu o declivitate caracteristică mai mare, deoarece prin aceasta se obține o reducere a cheltuielilor de transport.

Declivitatea liniilor învecinate constituie de multe ori o indicație prețioasă pentru stabilirea mărimii declivității caracteristice. Influența acestui factor crește mai ales în cazul liniilor cu un trafic de tranzit predominant (coeficienții traficului de mărfuri și de călători în tranzit tind spre 1,00), cînd pentru a se asigura circulația trenurilor cu un tonaj neschimbat, este avantajoasă și unificarea declivității liniei care se proiectează cu declivitatea

liniilor învecinate. Astfel, de exemplu, la proiectarea liniei Curtea de Argeș - Râmnicu Vâlcea care unește două linii de cale ferată ce au declivități cu caracteristici diferite (Pitești - Curtea de Argeș $i_c = 16^\circ/00$, Piatra Olt-Podul Olt $i_c = 12^\circ/00$), trebuie să fie luate în considerare și variantele cu declivitate caracteristică $i_c = 16^\circ/00$ și $i_c = 12^\circ/00$.

Acestea asigură circulația trenurilor fără modificarea tonajelor în stațiile Curtea de Argeș, respectiv Râmnicu Vâlcea.

O privire asupra modului cum se stabilea în trecut declivitatea caracteristică arată că la proiectarea primelor linii de cale ferată s-au ales, în genere, declivități caracteristice mici, deoarece liniile erau amplasate de regulă în regiuni de șes, iar aderența între roată și șină nu prezenta o garanție deplină la parcurgerea declivităților mai mari. Pe măsură ce rețeaua de cale ferată s-a extins, s-au proiectat linii cu declivități caracteristice mari ($25 - 40^\circ/00$), determinate în exclusivitate de declivitatea medie a terenului. Cu timpul, datorită creșterii cerințelor de transport, traficul a devenit un factor hotărâtor în stabilirea mărimii declivității caracteristice.

Stabilirea declivității caracteristice a liniei este o operație complexă, din care cauză se recomandă să fie efectuată în etape, în următoarea succesiune :

1. Se studiază un traseu cu o declivitate caracteristică pe toată lungimea liniei, acesăși în ambele sensuri;

2. Se cercetează dacă nu cumva, datorită configurației terenului ar putea fi mai indicat să se folosească o anumită declivitate caracteristică într-un sens de circulație și o altă declivitate caracteristică în celălalt sens;

3. Se studiază oportunitatea folosirii pe unele sectoare - caracterizate prin declivități mediale terenului diferite ca valoare - a unor declivități caracteristice de mărimi diferite, eventual tracțiune multiplă, în funcție de configurația terenului și declivitatea medie a terenului;

4. Dacă volumul traficului pe cele două sensuri de circulație este diferit, se cercetează posibilitatea proiectării liniei cu declivitate caracteristică de trafic în sensul traficului minim;

5. În sfârșit se cercetează eficacitatea unificării declivității caracteristice a liniei proiectate cu declivitatea caracteristică a liniilor învecinate, în scopul asigurării circulației fără prelucrarea tonajelor trenurilor.

compară variantele atunci când trebuie să se aleagă între două trasee cu declivități caracteristice diferite, iar în fig.VII.7, când alegerea se face dintre trei trasee cu declivități caracteristice diferite.

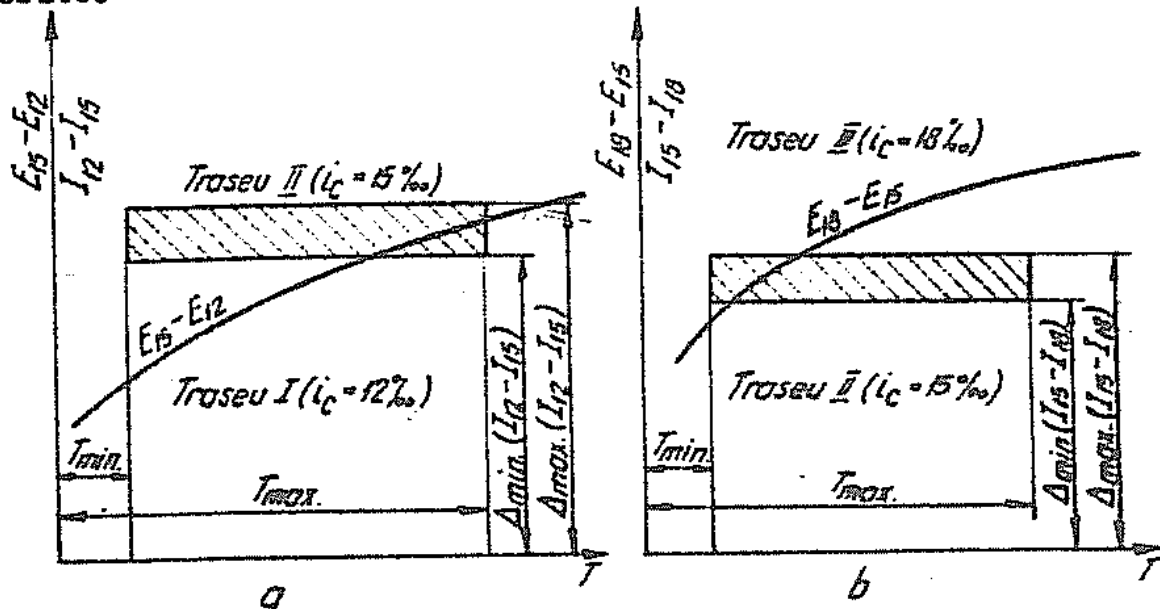


Fig.VII.7. Stabilirea rezistenței caracteristice avînd de ales între trei trasee cu declivități caracteristice diferite

În cazul 2, cînd se cere să se stabilească rezistența caracteristică optimă, se folosește metoda traseelor de probă. Această metodă se bazează pe determinarea cheltuielilor anuale minime de investiție și de exploatare.

Cheltuielile anuale de investiție și de exploatare se stabilesc cu relația:

$$K = \Delta \cdot I + E \quad (\text{VII.13})$$

unde:

I reprezintă cheltuielile de investiție (construcție);

Δ - coeficientul de repartizare anuală a cheltuielilor de investiție;

E - cheltuielile anuale de exploatare.

Cum atât cheltuielile de investiție cît și cele de exploatare depind de declivitatea caracteristică, rezultă că și suma lor este tot o funcție de declivitate caracteristică și deci $K = f(i_c)$. Cînd declivitatea caracteristică scade, cheltuielile de exploatare se micșorează, iar cele de investiție cresc tinzînd (teoretic) spre infinit. Si invers, cînd declivitatea caracteristică crește, cheltuielile de investiție scad, iar cele de exploatare cresc tinzînd spre infinit atunci cînd declivitatea caracteristică are o valoare apropiată de rampa pe care locomotiva se poate remorca doar pe ea însăși. Dacă

pentru valorile extreme ale declivității caracteristice suma cheltuielilor de investiție și exploatare au valori foarte mari și dacă se admite că funcția $K = f(i_c)$ este o funcție continuă, atunci se poate afirma că, pentru o anumită declivitate caracteristică funcția $K = f(i_c)$ va înregistra un minim (fig.VII.8). Declivitatea caracteristică care corespunde cheltuielilor anuale de construcție și de exploatare minime se numește declivitatea caracteristică optimă.

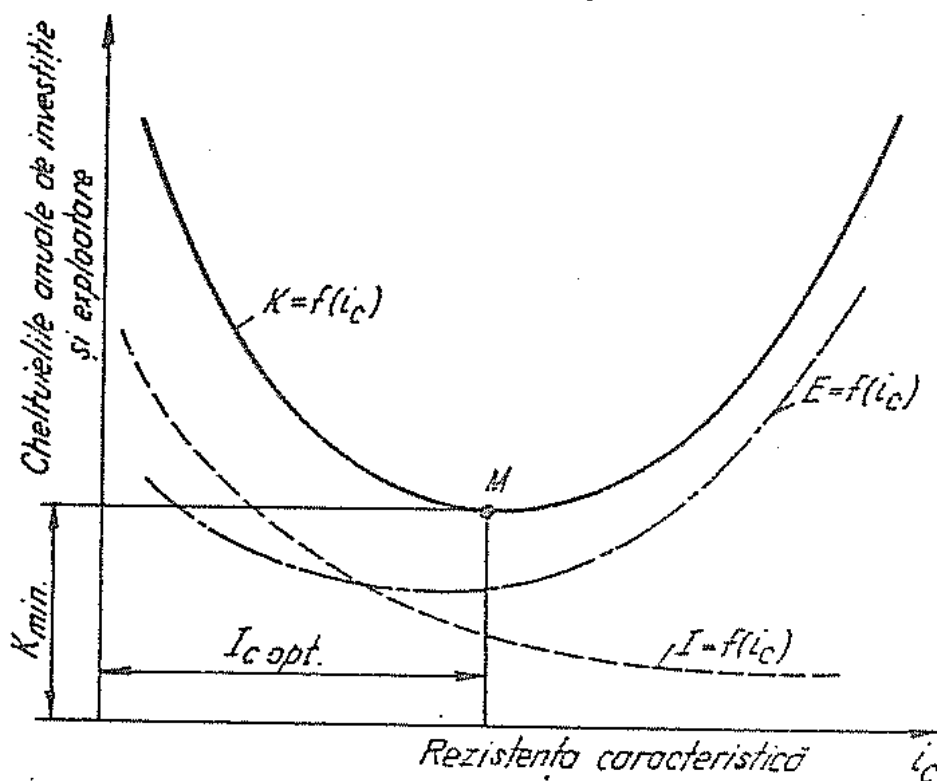


Fig.VII.8. Influența rezistenței caracteristice asupra cheltuielilor anuale de investiție și exploatare

De aici rezultă că pentru a stabili declivitatea caracteristică optimă a traseului este necesar să se determine în prealabil valoarea minimă a cheltuielilor anuale de investiție și exploatare.

Proiectarea unui număr mare de trasee în condiții variate de relief, cu diferite declivități caracteristice și reprezentarea grafică a cheltuielilor anuale de investiție și de exploatare în raport cu declivitatea caracteristică, a permis să se stabilească că funcția $K = f(i_c)$ se poate asimila cu o parabolă de gradul doi care are axa de simetrie paralelă cu axa OY. Pentru construirea pe cale grafică a parabolei este necesar să se cunoască minimum 3 puncte aparținând parabolei, două situate pe un braț al parabolei iar al treilea situat pe celălalt braț. Cheltuielile anuale de investiție și exploatare minime determină valoarea declivității caracteristice optime.

În mod practic, declivitatea caracteristică optimă se stabilește prin câteva încercări. Metoda constă în proiectarea a 3 trasee cu 3 declivități caracteristice diferite (traseul de probă, de corectare și de verificare), calcularea și reprezentarea grafică a cheltuielilor anuale de investiție și exploatare în funcție de declivitatea caracteristică, și în sfârșit, în construirea curbei $K = f(i_c)$ și determinarea valorii minime a cheltuielilor anuale de construcție și de exploatare.

La alegerea declivității caracteristice a celor 3 trasee se procedează astfel :

- Mărirea declivității caracteristice a primului traseu, numit traseu de probă, se stabilește în funcție de felul reliefului și declivitatea caracteristică a liniilor învecinate;

- Mărirea declivității caracteristice a celui de al doilea traseu, numit traseu de corectare se stabilește pe baza analizei principalilor indicatori tehnici ai traseului de probă și compararea acestora cu indicatorii tehnici ai altor linii executate în condiții similare. O atenție deosebită trebuie să se acorde indicatorilor sintetici ca: coeficientul de dezvoltare al traseului, procentul de folosire a declivității caracteristice de probă, variația cotei roșii a traseului de probă.

Pe baza analizei indicatorilor tehnici ai traseului de probă se obține o indicație asupra valorii declivității caracteristice de corectare. Declivitatea caracteristică de corectare (i_{cc}) poate rezulta mai mare sau mai mică decât declivitatea caracteristică de probă (i_p), și are valoarea :

$$i_{cc} = i_p \pm (2-3\%) \quad \left[\frac{\%}{100} \right] \quad (\text{VII.14})$$

- Valoarea declivității caracteristice a celui de al treilea traseu, numit traseu de verificare, se stabilește în funcție de tendința de variație a cheltuielilor anuale de investiție și de exploatare a primelor două trasee.

Cunoscându-se mărirea cheltuielilor anuale de investiție și exploatare pentru cele 3 trasee, se poate determina funcția $K = f(i_c)$ - aproximată cu o parabolă de gradul doi - printr-o construcție grafică prezentată în fig.VII.9. Prin punctele a și b (care reprezintă cheltuielile anuale de investiție și de exploatare pentru traseele de probă, respectiv corectare), se duce dreapta D_1 care intersectează axa absciselor în punctul M_0 .

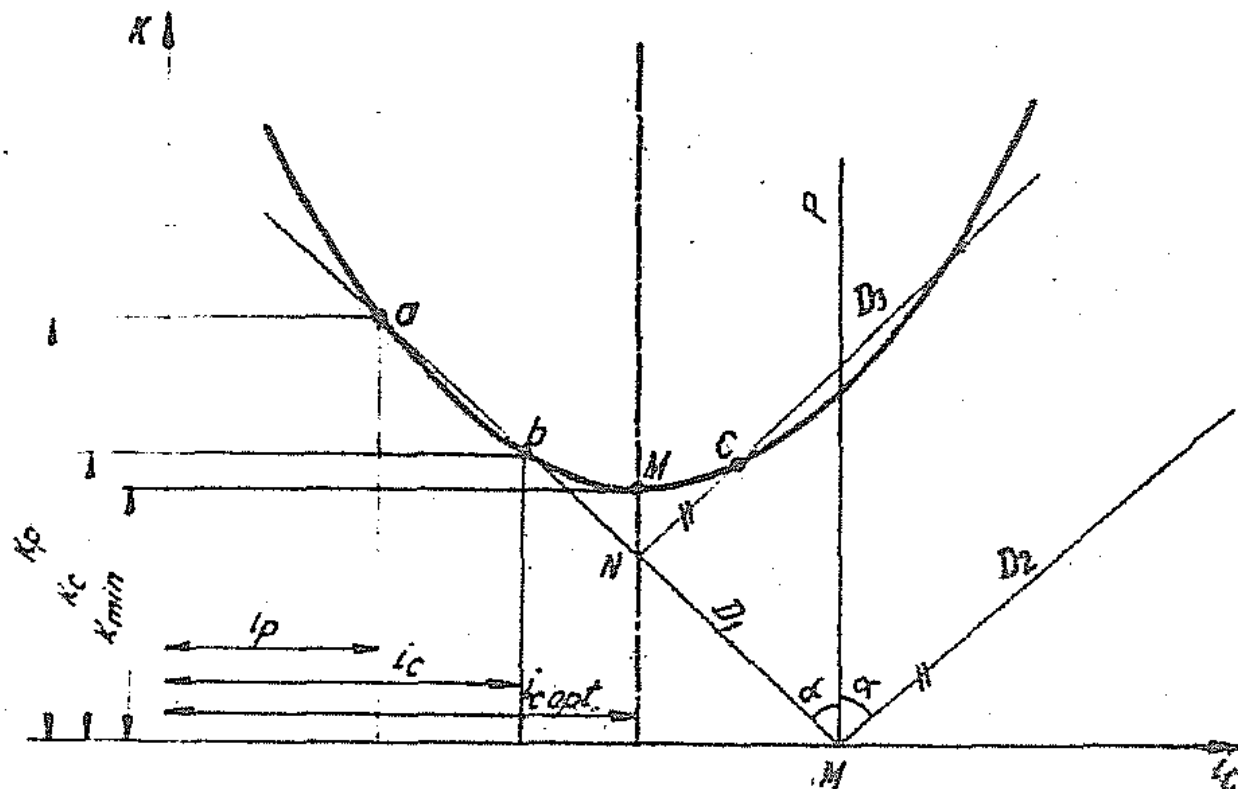


Fig.VII.9. Construirea curbei $K = f(i_c)$

Considerind perpendiculara în M ca axă de simetrie (P) se construiește dreapta D_2 , simetrică cu D_1 . Prin punctul c (reprezentind cheltuielile anuale de investiție și exploatare pentru traseul de verificare) se duce dreapta D_3 , paralelă cu D_2 . Dreapta D_3 intersectează dreapta D_1 în punctul N . Prin acest punct trece axa de simetrie a parabolei. Cunoscind axa de simetrie a parabolei și 3 puncte aparținând parabolei, se poate construi parabola.

Trebuie observat că cheltuielile anuale minime de investiție și exploatare, care stau la baza metodei pentru stabilirea rezistenței caracteristice optime, depind atât de trafic (T) cât și de coeficientul de repartizare a cheltuielilor anuale de construcție (Δ).

În consecință, valoarea rezistenței caracteristice optime va depinde de mărimea traficului și a coeficientului de repartizare anuală a cheltuielilor de construcție. Influența acestor factori asupra rezistenței caracteristice optime este prezentată în fig.VII.10 și fig.VII.11. Se constată că eficiența rezistențelor caracteristice mici crește pe măsură ce sporește traficul și se reduce coeficientul de repartizare anuală a cheltuielilor de investiție.

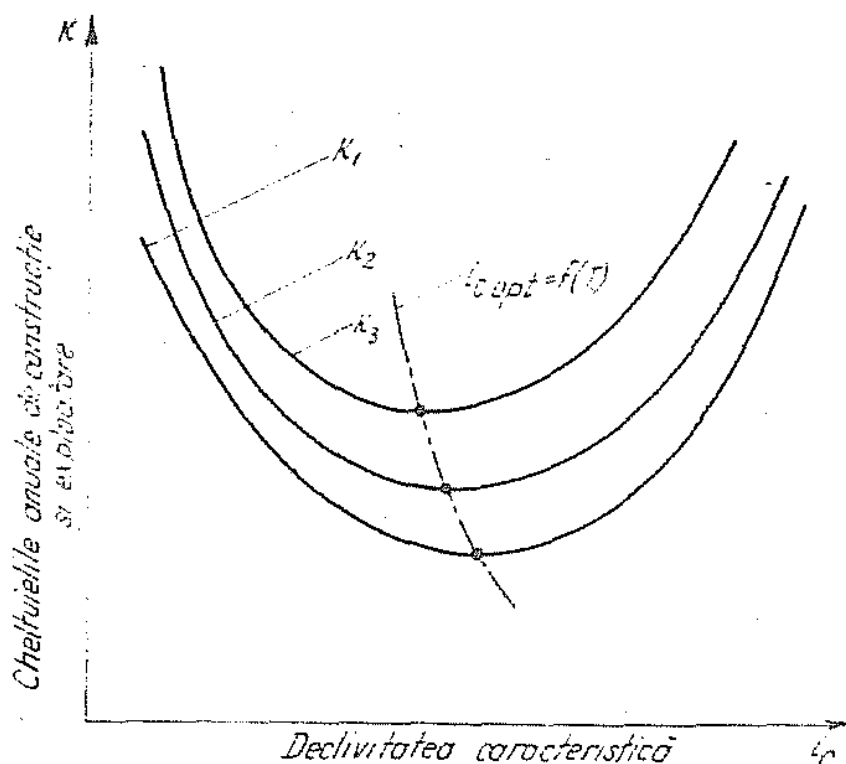


Fig.VII.10. Influența traficului asupra rezistenței caracteristice optime

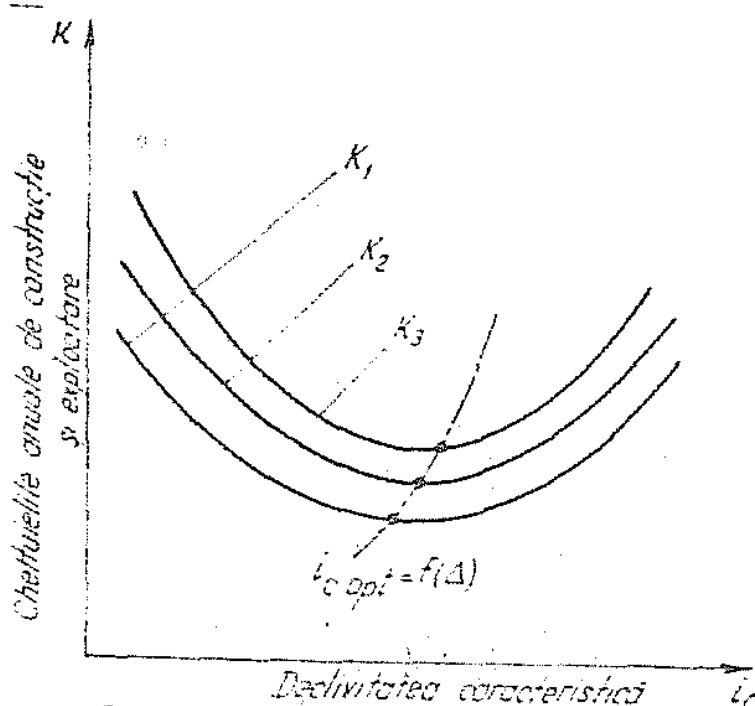


Fig.VII.10. Influența coeficientului de repartizare anuală a cheltuielilor de investiție asupra rezistenței caracteristice optime

De asemenea, se menționează obligativitatea de a se respecta condițiile tehnice în stabilirea definitivă a rezistenței caracteristice optime. În funcție de condițiile locale, pot rezulta în unele cazuri valori relativ mari pentru rezistența caracteristică optimă. Cu toate acestea la stabilirea definitivă a rezistenței caracteristice optime se va alege o astfel de valoare încât să nu se depășească limitele stabilite prin condițiile tehnice de proiectare.

Capitolul VIII

SPORIREA CAPACITATII LINIILOR DE CALE FERATA DUBLAREA SI ELECTRIFICAREA LINIILOR DE CALE FERATA

VIII.1. Căile de sporire a capacității liniilor de cale ferată

Transportul feroviar, alături de celelalte mijloace de transport din țara noastră, are în cadrul economiei naționale un rol deosebit de important.

Prin Programul Partidului Comunist Român de făurire a societății socialiste multilateral dezvoltate și de înaintare a României spre comunism se stabilește ca sarcină principală de a se "dezvolta cu precădere transportul pe calea ferată, care va deține ponderea principală în sistemul de transport".

De buna funcționare a transportului feroviar depind aprovizionarea cu materii prime și materiale a tuturor unităților economice, satisfacerea operativă și îndestulătoare a populației cu mărfuri de consum și asigurarea transportului cetățenilor.

O importanță vitală pentru asigurarea transporturilor feroviare o au în primul rând întreținerea și dezvoltarea liniilor de cale ferată, dotarea cu mijloace moderne de tracțiune, îmbunătățirea mijloacelor de semnalizare și îndrumare a circulației, ceea ce asigură o sporire a capacității rețelei de cale ferată.

Sporirea capacității liniilor de cale ferată se obține printr-o serie de măsuri privind :

- folosirea maximă a înzestrării tehnice a liniei (utilizarea rezervei interne de capacitate a liniei);
- modernizarea și reconstruirea liniilor existente, prin efectuarea unor investiții suplimentare.

Factorii de care depinde alegerea mijloacelor de sporire a capacității liniei sînt:

- volumul traficului probabil ce trebuie să fie asigurat în luna de trafic maxim ;
- ritmul de creștere a intensității traficului în perspectivă;
- categoria și importanța liniei în ansamblul rețelei de cale ferată și în raport cu celelalte mijloace de transport;
- condițiile locale: relieful, condițiile geologice, hidrologice etc.

Sporirea capacității liniilor de cale ferată prin folosirea maximă a înzestrării tehnice de care dispune linia la un moment dat, conduce la obținerea unor sporuri neimportante de capacitate, (maximum

30%). Domeniul de aplicare a măsurilor privind folosirea maximă a înzestrării tehnice existente este relativ restrins; aplicarea lor se justifică pe liniile cu un trafic de mică intensitate și pe care se urmărește să se obțină un spor relativ mic de capacitate.

Principalele măsuri pentru sporirea capacității liniilor de cale ferată prin folosirea maximă a înzestrării tehnice existente sînt:

- sporirea normelor de tonaj pe tren prin utilizarea completă a energiei cinetice a trenului,
- sporirea vitezei de circulație a trenurilor pe distanțe limitativă.

Sporirea capacității liniilor de cale ferată prin modernizarea și reconstruirea lor se caracterizează prin obținerea unor creșteri însemnate de capacitate ca urmare a efectuării unor investiții importante pentru perfecționarea materialului rulant, a instalațiilor SCB și telecomunicații, precum și pentru reconstruirea liniilor în vederea îmbunătățirii caracteristicilor liniei în planul de situație și în profilul lung.

Aplicarea acestor măsuri este eficientă mai ales la liniile pe care trebuie să se asigure un volum important de trafic, cu un ritm de creștere continuu.

Principalele măsuri pentru sporirea capacității liniilor de cale ferată prin modernizarea și reconstruirea acestora sînt următoarele:

1. Sporirea forței de tracțiune, ceea ce se poate realiza prin: introducerea unor locomotive de mare putere, mărirea coeficientului de aderență între roțile motoare și șină și prin utilizarea tracțiunii multiple.

Introducerea locomotivelor de mare putere și mai ales a locomotivelor diesel și a locomotivelor electrice constituie un important mijloc de sporire a capacității liniilor de cale ferată și totodată de îmbunătățire a circulației trenurilor. Prin sporirea vitezelor de circulație care se realizează cu aceste locomotive și micșorarea concomitentă a timpului de parcurgere al mărfurilor și călătorilor se obține o îmbunătățire a principalilor indicatori de utilizare a materialului rulant și sporirea capacității de circulație a liniei.

Deosebit de aceasta, introducerea unor locomotive de mare putere permite mărirea tonajului trenurilor și deci a capacității de transport ceea ce prezintă o importanță specială în cazul liniilor cu declivități mari.

Utilizarea locomotivelor diesel și electrice are o eficiență

economică sporită, în comparație cu locomotivele cu abur, pe liniile cu un trafic important și profil greu, putând înlocui 2-3 locomotive cu abur. Capacitatea de transport a locomotivelor diesel și electrice se ridică cu 20-30% peste cea realizată de o locomotivă cu abur de putere egală întrucât acestea pot realiza viteze de mers și accelerații mai mari.

Sporirea forței de tracțiune a locomotivelor la obadă se poate obține și prin mărirea coeficientului de aderență între roată și șină îmbunătățind condițiile de aderență (conducerea corectă a trenurilor, folosirea judicioasă a nisipului de către mecanic etc.).

Utilizarea tracțiunii multiple pentru remorcarea unor trenuri duce la sporirea capacității de transport deoarece permite sporirea tonajului trenului prin păstrarea neschimbată a vitezei de circulație și a timpului de mers, sau la sporirea capacității de circulație deoarece permite creșterea vitezei de circulație a trenului fără o sporire a tonajului lui. Modul normal întrebuintat în remorcarea trenurilor în tracțiune multiplă este tragerea. Împingerea se folosește numai excepțional datorită inconvenientelor pe care le are în exploatare și anume : forța de tracțiune de împingere a locomotivelor se reduce cu 10% față de cazul când ar trage din cauza pierderii de energie ce se produce prin comprimarea resorturilor tamponelor și a frecării lor în timpul împingerii; reducerea capacității liniei din cauza circulației locomotivei împingătoare ce se înapolează în stație; greutate în cordonarea mișcărilor locomotivei din cap și de la urmă. În general, utilizarea tracțiunii multiple este eficientă pe liniile pe care rampele mari sînt concentrate la un loc.

2. Îmbunătățirea parcului de vagoane prin construirea vagoanelor de mare capacitate și reducerea rezistenței la mers a vagoanelor.

Capacitatea de încărcare a vagoanelor se reflectă în tonajul trenurilor și deci în capacitatea de transport a liniei. Vagoanele cu o capacitate de încărcare sporită, la un același profil de linie, cu același sistem de remorcare și cu același serie de locomotivă duc la un număr mai redus de vagoane pe tren, la o lungime utilă mai mică a liniilor de garare în stație. În cazul în care se menține același lungime a liniilor din stație și se modifică sistemul de remorcare fie prin multiplă tracțiune fie prin folosirea altei serii de locomotivă se poate spori substanțial capacitatea de transport prin trenuri cu tonaj mai mare.

Reducerea rezistenței la mers a vagoanelor permite mărirea tonajului trenurilor și deci a capacității de transport a liniei. O

reducere oarecare a rezistenței la mers a vagoanelor se poate obține prin asigurarea unei ungeri corecte făcută la timp. Pe cînd o reducere mai importantă a rezistenței la mers a vagoanelor se obține numai pe cale constructivă ca de exemplu înlocuind lagărele cu cusi-neți prin lagăre cu rulmenți.

3. Perfecționarea instalațiilor SCB și a mijloacelor de telecomunicații în sensul modernizării lor prin centralizarea semnalelor și a macazurilor și introducerea centralizării sistem dispecer.

Perfecționarea instalațiilor SCB și a mijloacelor de telecomunicații se face atît din punct de vedere al siguranței circulației, cît și acela al sporirii capacității liniei.

Intervalele de stație (intervalele de încrucișare precum și cele de urmărire) intră în compunerea perioadei graficului de circulație și deci cu cît vor fi mai mici cu atît rezultă o capacitate de circulație mai mare.

Valoarea intervalului de încrucișare este mare mai ales în stațiile în care macazurile se manevrează manual și trebuie revizuite de împiegatul de mișcare sau revizorul de ace, ceea ce face ca pentru executarea unui singur parcurs să se consume 5-7 minute. În cazul în care macazurile sînt centralizate electromecanic și, mai ales electrodinamic, acești timpi se reduc pînă la un minut și chiar mai puțin.

Valoarea intervalului de încrucișare se poate reduce și prin unificarea și centralizarea semnalelor din stație.

Trecerea la comanda automată sau semiautomată cu centralizarea (mecanică sau electrodinamică) comenzii macazelor și semnalelor din stație, micșorează și mai mult intervalul de încrucișare.

Introducerea centralizării sistem dispecer contribuie la sporirea mai accentuată a capacității liniei, mărește siguranța circulației și ușurează activitatea de organizare a circulației trenurilor.

Sporul de capacitate obținut depinde de tipul de instalație SCB și de mijlocul de telecomunicație precum și de ponderea intervalului de stație în compunerea perioadei graficului de circulație.

4. Reconstruirea liniilor ferate permite obținerea unor sporuri importante ale capacității de circulație și transport ale liniei; se realizează prin reducerea distanțelor de circulație, lungirea liniilor din stație, ameliorarea profilului în lung prin îndulcirea declivității maxime, variante locale de îmbunătățire a caracteristicilor liniei în planul de situație și profilul în lung, dublarea parțială sau totală a liniei și electrificarea liniei.

Stabilirea soluțiilor de asigurare a capacității necesare liniei. A asigura capacitatea necesară pe o secție de cale ferată înseamnă a stabili un ansamblu de măsuri pentru ca în orice moment capacitatea posibilă a liniei să fie mai mare decât capacitatea necesară. Capacitatea posibilă a liniei are practic, o valoare constantă (dacă se neglijează variația în timp a numărului de trenuri de alte categorii decât trenurile de marfă), pe când capacitatea necesară a liniei crește continuu, ca urmare a creșterii neîncetate a nevoilor de transport impuse de dezvoltarea economiei naționale. De aici rezultă că rezerva de capacitate a liniei se micșorează pe măsură ce crește capacitatea necesară și devine nulă în momentul în care capacitatea necesară a liniei ajunge să fie egală cu capacitatea posibilă. În acest moment pentru a se asigura capacitatea necesară a liniei trebuie să se intervină prin sporirea capacității posibile a acesteia îmbunătățind înzestrarea tehnică a liniei.

Stabilirea timpului la care trebuie să se sporească capacitatea posibilă a liniei, se poate face fie analitic fie grafic. Se prezintă cel de al doilea procedeu care este sugestiv.

Procedeeul grafic constă în reprezentarea capacității necesare și a capacității posibile pentru diferite înzestrări tehnice ale liniei, determinarea timpilor la care rezerva de capacitate se anulează și stabilirea soluțiilor posibile de asigurare a capacității necesare liniei.

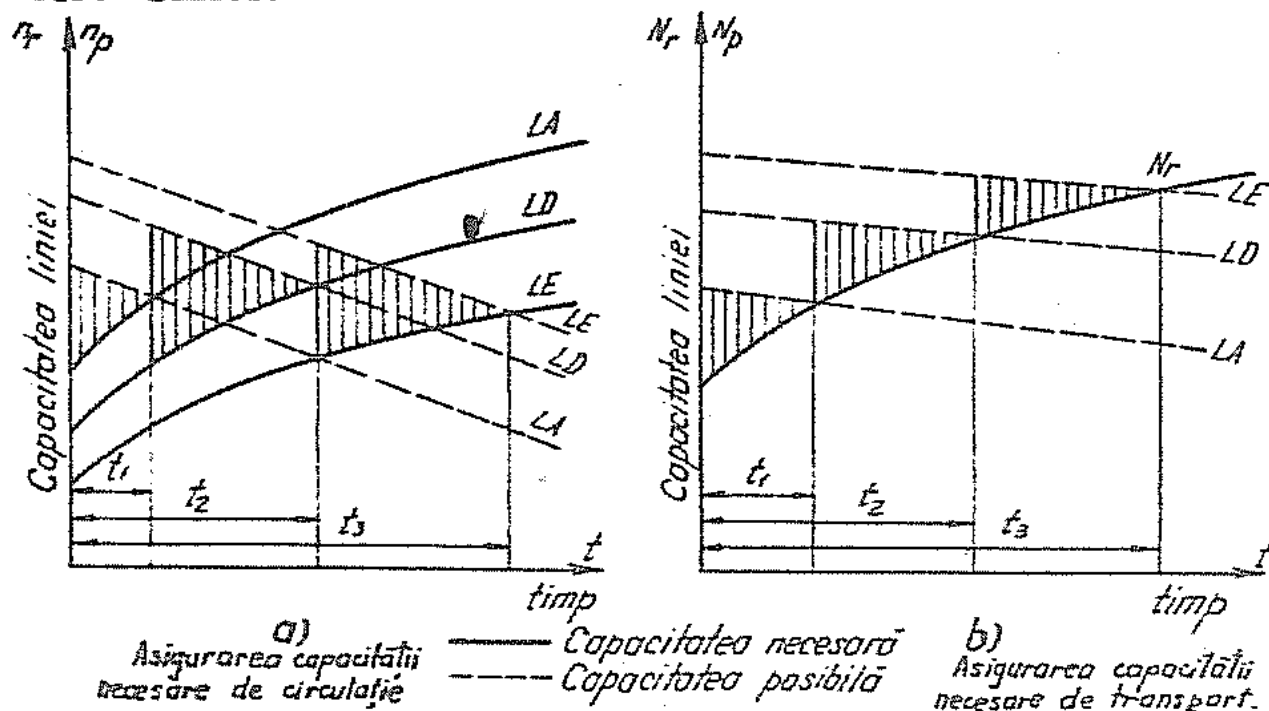


Fig.VIII.1. Reprezentarea grafică a capacității necesare și a celei posibile pentru diferite înzestrări tehnice ale liniei

Reprezentarea grafică a capacității necesare și a celei posibile pentru diferite înzestrări tehnice ale liniei se poate realiza exprimând capacitatea liniei fie în trenuri/zi (sau perechi de trenuri/zi) adică sub forma capacității de circulație (fig.VIII.1 a), fie în tone transportate_{an} sub forma capacității de transport (fig.VIII.1b). Se preferă cel de al doilea mod de reprezentare a capacității liniei, deoarece în acest caz se obține o construcție grafică mai simplă întrucât capacitatea necesară de transport se reprezintă întotdeauna printr-o singură curbă ori care ar fi înzestrarea tehnică a liniei.

Timpii la care rezerva de capacitate se epuizează și la care deci este necesar să fie luate măsuri în vederea sporirii capacității liniei - se obțin stabilind punctele de intersecție ale curbelor care reprezintă capacitatea posibilă a liniei cu curbele care reprezintă capacitatea necesară și determinând valorile corespunzătoare pe axa timpului.

La stabilirea soluțiilor posibile de asigurare a capacității necesare se va urmări să se asigure: o rezervă rațională de capacitate, o circulație neîntreruptă a trenurilor în condițiile unei depline siguranțe și o folosire judicioasă a fondului de investiție. Astfel în fig.VIII.2 s-au stabilit 3 soluții tipice de asigurare a capacității

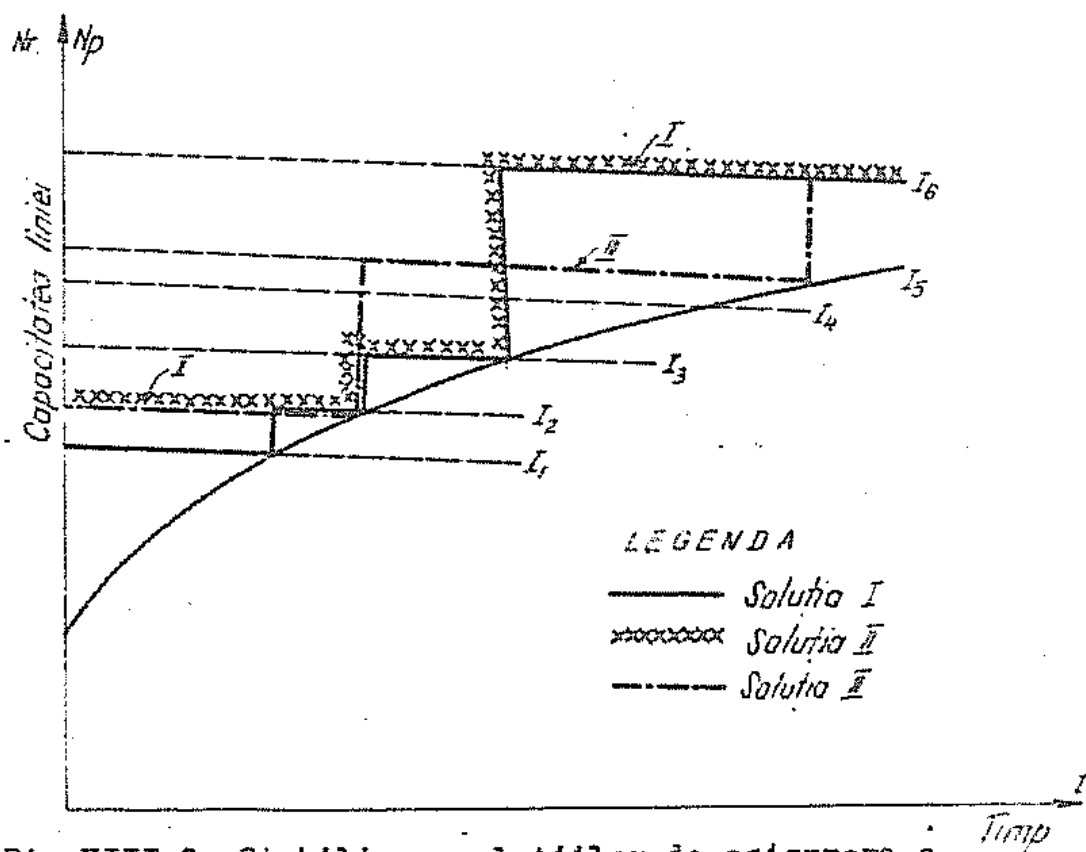


Fig.VIII.2. Stabilirea soluțiilor de asigurare a capacității necesare

necesare pentru 6 însestrări tehnice ale liniei (cele simplă și cele dublă folosind 3 tipuri de locomotive). Se observă că toate aceste scheme asigură o rezervă de capacitate judicioasă iar din momentul în care s-a trecut de la un tip de locomotivă la altul sau de la calea simplă la cea dublă nu s-a mai revenit la situația precedentă; prin aceasta se asigură o folosire rațională a fondurilor de investiție.

Alegerea soluției optime de asigurare a capacității necesare liniei

Mijloacele de sporire a capacității liniilor de cale ferată sînt numeroase și variate permițînd să se obțină sporuri de capacitate foarte diferite ca ordin de mărime. Astfel, printr-o utilizare completă a energiei cinetice a trenului sau printr-o mai judicioasă organizare a circulației trenurilor (circulația trenurilor fără oprire prin une din stațiile care mărginesc distanța limitativă, circulația trenurilor în grup sau parțial în pachet) se poate mări treptat capacitatea posibilă a liniei, obținîndu-se sporuri de 10-40%. De asemenea, prin modernizarea tracțiunii și introducerea unor locomotive mai puternice, utilizarea tracțiunii multiple, îmbunătățirea parcului de vagoane, perfecționarea instalațiilor SCB și de telecomunicație și în sfîrșit, prin reconstruirea liniilor de cale ferată (reducerea distanțelor de circulație, lungirea liniilor în stație, construirea de variante locale pentru îmbunătățirea caracteristicilor liniei în planul de situație și în profilul în lung, dublarea parțială sau totală a liniei etc), se pot obține sporuri deosebit de importante ale capacității liniilor ferate. Evident, există posibilitatea folosirii combinate a acestor mijloace, ceea ce permite să se sporească și mai mult capacitatea liniei și să se obțină un număr și mai mare de soluții.

Din multitudinea acestor soluții trebuie să se aleagă soluția optimă. În acest scop la început se compară variantele între ele pe baza avantajelor și inconvenientelor pe care le prezintă eliminîndu-se treptat acelea care prezintă deficiențe importante. Criteriile de comparare a diferitelor soluții parțiale sînt: mărimea rezervei de capacitate, gradul de asigurare a circulației neîntrerupte a trenurilor în condițiile unei siguranțe de circulație depline, folosirea judicioasă a fondurilor de investiție astfel încît adoptarea unei măsuri în vederea sporirii capacității liniei să nu ducă la abandonarea unor fonduri importante investite anterior.

După compararea sumară a soluțiilor posibile de asigurare a

capacității necesare și eliminarea celor care în mod evident sînt necesare, se procedează la alegerea soluției optime pe baza unei comparații tehnico-economice.

Soluțiile posibile de sporire a capacității liniei se caracterizează de obicei prin necesitatea efectuării unor investiții. Din această cauză pentru stabilirea soluției optime, adică a celeia care prezintă o eficiență tehnico-economică maximă, este indicat să se folosească metoda de comparare a variantelor prin însumarea cheltuielilor de investiție și a cheltuielilor de exploatare luîndu-se în considerare și timpul la care se efectuează cheltuielile.

Se menționează că soluțiile posibile de sporire a capacității liniei, pentru a putea fi comparate între ele în vederea alegerii soluției optime, trebuie să îndeplinească două condiții și anume :

1.-să asigure în final aceeași capacitate posibilă;

2.-perioada de comparare a variantelor să fie aceeași pentru toate variantele și suficient de mare pentru a se putea cuprinde și ultima investiție necesară pentru sporirea capacității liniei.

Stabilirea corectă a schemelor de sporire a capacității posibile a liniei și cunoașterea din timp a soluției optime este de mare importanță în cazul proiectării liniilor noi de cale ferată și a reconstruirii celor existente întrucît servește la proiectarea judicioasă a căii precum și a construcțiilor și instalațiilor anexe la cale. În fig.VIII.3, sînt prezentate 3 scheme de sporire a capacității liniei. Schema I prevede dublarea în perspectivă fără să se treacă prin etapa de electrificare (desenat cu linie întreruptă); schema a II-a este o variantă a schemei I în care dublarea liniei este amînată un timp ca recare urmare a folosirii tracțiunii duble cu locomotive diesel (linie punctată); schema a III-a preconizează electrificarea timpurie a liniei și apoi dublarea ei (linie continuă).

Cunoașterea soluției optime de sporire a capacității liniei dă posibilitatea să se proiecteze judicios ceea ce construcțiile și anexele ei. Astfel, știindu-se că în final se va adopta soluția cu dublarea liniei se va studia oportunitatea ca unele construcții importante, care nu se pretează la sporirea capacității lor decît cu prețul unor investiții costisitoare, să fie proiectate de la început pentru cale dublă (exemplu: fundațiile unor poduri și viaducte, tuneluri). Dacă se cunoaște că în final se va adopta soluția care preconizează electrificarea, de asemenea se va analiza oportunitatea ca unele construcții ca de exemplu tunelurile și podurile mari să fie proiectate de la un început cu un gabarit corespunzător necesităților

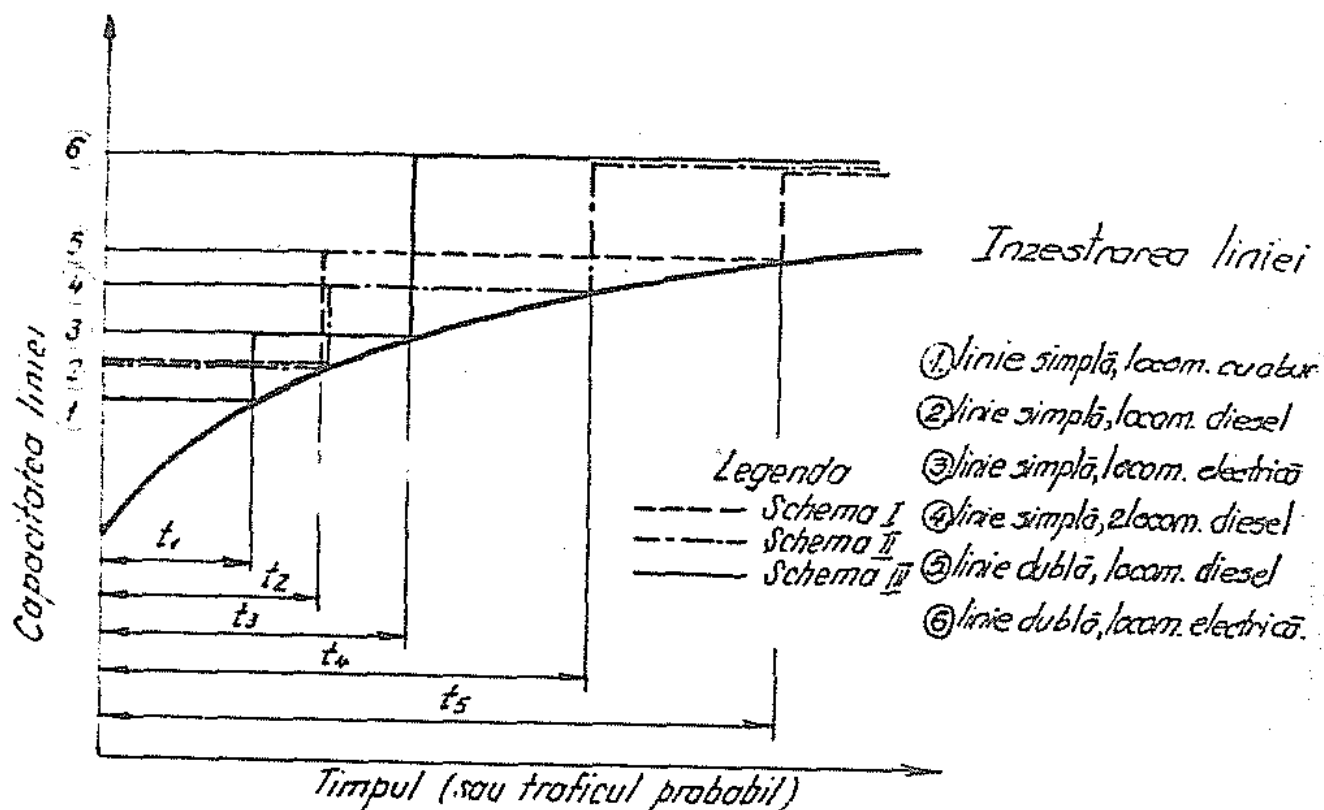


Fig.VIII.3. Scheme de sporire a capacității posibile

impuse de electrificare. De asemenea este util să se cunoască din timp tipurile de locomotive ce se vor folosi pentru ca în funcție de mărimea forței de tracțiune și a sarcinilor pe osie să se poată stabili lungimea optimă a stațiilor și să se dimensioneze judicios elementele infrastructurii căii, lucrările de artă, depourile și remizele, precum și alte construcții și instalații anexe căii.

VIII.2. Dublarea liniilor simple

VIII.2.1. Sporirea capacității căilor ferate prin dublarea liniilor simple

Dublarea liniilor simple reprezintă un mijloc prin care se asigură o creștere substanțială a capacității posibile de circulație și de transport a căilor ferate.

La o anumită intensitate a traficului, dublarea căii simple apare ca absolut necesară, trecând înaintea celorlalte măsuri de ordin constructiv pentru sporirea capacității liniei, ca de exemplu: reducerea distanțelor de circulație prin înființarea de noi stații și halte de mișcare, ameliorarea traseului prin reducerea rezistenței caracteristice.

Practica a confirmat că sporirea capacității posibile de

circulație și de transport pe o linie simplă este limitată de o serie de considerente, precum :

a/ Fracționarea distanței dintre stații prin introducerea unor stații intermediare sau halte de mișcare nu poate fi admisă decât până la obținerea unor distanțe minime de 3-4 km; sub aceste valori timpii de demaraj și frinare sînt mai mari decît timpii de viteză maximă iar trenurile nu mai pot atinge vitezele maxime decît pe distanțe relativ scurte. În afară de aceasta, introducerea de stații intermediare și halte de mișcare noi comportă cheltuieli de investiție și de exploatare suplimentare.

b/ Introducerea instalațiilor moderne de centralizare și semnalizare a macasurilor și semnalelor din stație permite să se obțină un spor de capacitate, care de asemenea este limitat (5-20%) și asupra căruia nu se mai poate acționa.

c/ Introducerea blocului automat pe linia simplă conduce la obținerea unui spor de capacitate de 10-20% față de linia simplă fără bloc.

d/ Sporirea vitezei de circulație este în funcție de puterea locomotivei, tonajul trenurilor, profilul în lung și lățimea etc. Evident și asupra acestor factori nu se poate acționa decât într-o anumită măsură; astfel timpii de parcurs distanțelor de circulație sînt și ei limitativi.

Practica exploatării feroviare din țara noastră a confirmat că pe o linie simplă prin introducerea sistemului de bloc automat și centralizarea electrodinamică a stațiilor se atinge un spor de capacitate de 30-35% și se poate realiza o capacitate practică de 45-50 perechi de trenuri în 24 ore.

Atunci cînd necesitățile de exploatare pe liniile simple cer să se obțină o capacitate de circulație și mai mare, dublarea căii poate să devină soluția cea mai indicată.

Dublarea unei căi simple se impune nu numai din considerente de capacitate, ci și datorită unor avantaje ce pot fi obținute cu această ocazie și anume :

- sporirea siguranței circulației prin eliminarea încrucișărilor din stații;

- sporirea vitezei comerciale deoarece nu este necesară trenurile să aștepte încrucișarea în stațiile intermediare;

- reducerea numărului de linii de circulație din stație, trecerea înainte putîndu-se realiza pe cîte două linii în fiecare sens de circulație.

Datorită avantajelor obținute pe liniile duble în condițiile creșterii intensității traficului, se impune din ce în ce mai mult necesitatea dublării unor linii simple de cale ferată. În țara noastră liniile duble reprezintă 17 la sută din totalul rețelei ferate; în alte țări liniile duble au o pondere mare în rețeaua de cale ferată, (Marea Britanie 74%, Franța 43%, Republica Federală a Germaniei 42%, Italia 31%, Cehoslovacia 21%).

Eficiența dublării liniilor simple este evidentă dacă se analizează condițiile tehnice de exploatare deosebit de favorabile și reducerea cheltuielilor de exploatare obținute prin dublarea unor dintre liniile de pe rețea CFR, ca de exemplu București-Brașov, Sibiu-Podul Olt, Craiova-Filiuși.

Dublarea unei linii de cale ferată simplă necesită cheltuieli de investiții foarte mari. Dublarea depinde în mare măsură și de volumul lucrărilor de artă: poduri, viaducte, tuneluri etc. care ridică enorm valoarea lucrărilor de dublare a liniei. În unele cazuri mai ales în regiunile accidentate cheltuielile pentru dublarea liniei au depășit cu mult cheltuielile de construcție a unei linii simple din cauza lucrărilor de artă și a celor necesare pentru consolidarea terasamentelor.

Pentru sporirea eficienței investițiilor se realizează o trecere treptată de la calea simplă la dublarea totală a căii.

Soluțiile de dublarea liniilor simple, care se iau în considerare în scopul reducerii cheltuielilor inițiale de investiție pot fi studiate și aplicate în ordinea următoare:

- a/ dublarea parțială pe anumite porțiuni a distanței de circulație limitative;
- b/ dublarea în întregime a uneia sau mai multor distanțe de circulație limitative;
- c/ dublarea totală a liniei.

Soluția cu dublarea parțială a distanței de circulație limitative se poate realiza în două variante: dublarea prin prelungirea liniei de circulație din stație până la un punct careare în linie curentă convenabil ales (fig.VIII.4) sau dublarea pe treimea centrală (fig.VIII.5).

Dublarea parțială a distanței limitative pe o linie simplă permite încrucișarea trenurilor în mers și obținerea unui spor de capacitate ce rezultă din reducerea distanței dintre două stații la distanța rămasă ca linie simplă. Perioada graficului de circulație

se reduce în mod corespunzător.

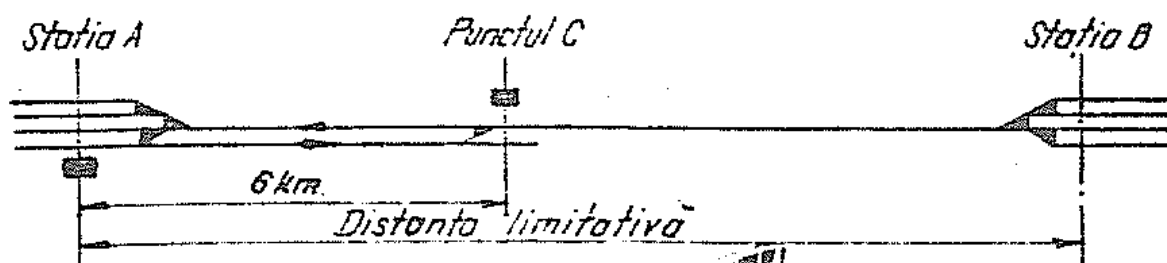


Fig.VIII.4. Dublarea parțială a distanței limitative prin prelungirea liniilor de circulație din stație

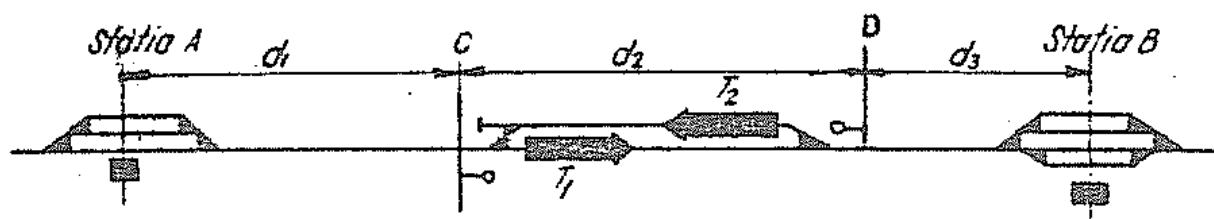


Fig.VIII.5. Dublarea parțială a distanței de circulație limitative pe treimea mijlocie

Cheltuielile de dublare parțială a distanței limitative prin prelungirea liniei de circulație din stație pe o distanță mai mare decât jumătatea distanței dintre stație sînt mari, mai ales pe liniile cu un profil greu. Pentru reducerea acestor cheltuieli se poate studia soluția care preconizează dublarea parțială a liniei pe treimea centrală a distanței limitative de circulație.

Dacă cele 3 distanțe, în care se împarte distanța limitativă, sînt egale cu lungimile corespunzătoare unui sector de bloc automat de linie (1,5 - 3 km), atunci încrucișarea trenurilor se face pe sectorul central și se obține o capacitate dublă față de linie simplă.

În general, în cazul dublării parțiale pe treimea mijlocie cheltuielile de investiție (inclusiv blocul automat de linie pe distanța limitativă) reprezintă circa 40% din costul dublării totale și se obține același efect din punct de vedere al capacității liniei, ca și cum linia ar fi dublă pe toată distanța.

Dublarea parțială a distanțelor de circulație este indicată pe liniile cu un volum mare de lucrări de construcție; sectoarele de linie ușoare se vor dubla, pe cînd sectoarele de linie pe care se

găsesse poduri și viaducte mari, tuneluri și alte lucrări de construcție costisitoare vor rămâne în continuare ca linie simplă.

Principalul inconvenient al dublării parțiale a distanțelor limitative constă în necesitatea reducerii vitezei de circulație pentru asigurarea siguranței circulației. De aceea pe liniile cu un trafic feroviar important se impune dublarea completă (totală) a unei sau mai multor distanțe care limitează capacitatea de circulație posibilă a liniei (fig.VIII.6)

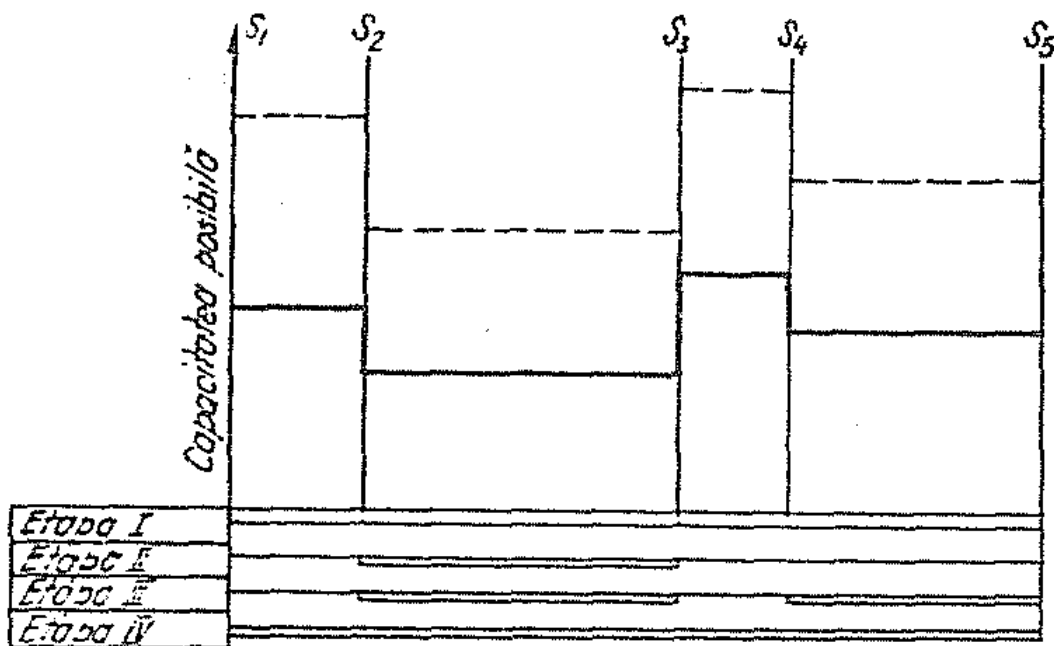


Fig.VIII.6. Dublarea uneia sau mai multora distanțe de circulație limitative

Pe liniile simple cu un trafic intens, pentru îmbunătățirea condițiilor de exploatare și pentru a se asigura circulația trenurilor în condiții de siguranță deplină se studiază oportunitatea dublării totale a liniei. Necesitatea construirii căii duble și alegerea soluției optime se face pe baza unei comparații tehnico-economice a diferitelor soluții posibile de sporire a capacității liniei.

De asemenea, alegerea momentului în care devine necesară dublarea anumitor distanțe de circulație se face tot pe baza unor calcule tehnico-economice. În acest scop se poate folosi graficul de asigurare a capacității necesare liniei construită în diferite ipoteze de dublare a distanțelor de circulație (fig.VIII.7).

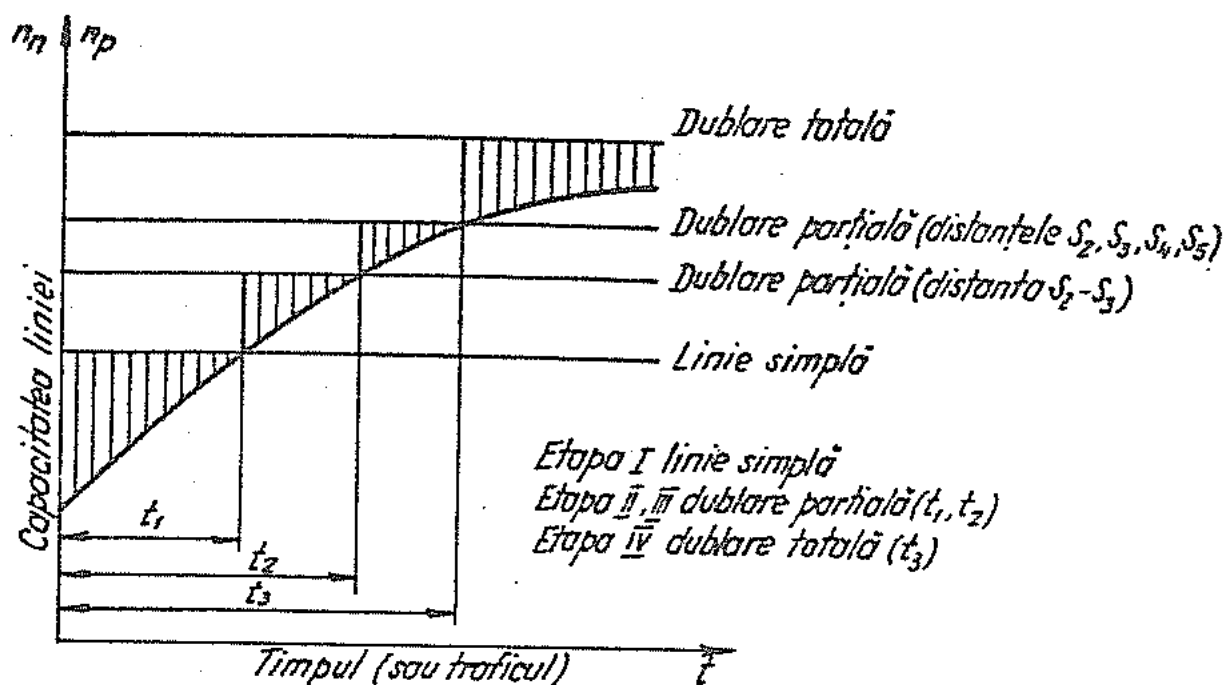


Fig.VIII.7. Stabilirea timpului cînd devine necesară dublarea distanțelor de circulație limitative

Calculul capacității de circulație a unei căi duble se efectuează în două ipoteze :

1. atît pentru calea simplă cît și pe calea dublă circulația trenurilor este organizată pe baza graficului normal;
2. atît pe calea simplă cît și pe calea dublă se aplică graficul pachet.

Sporul de capacitate în ipoteza graficului normal se calculează presupunînd că distanța limitativă rămîne aceeași și după dublarea căii.

Capacitatea de circulație posibilă pe cale simplă se obține cu relația :

$$n^s = \frac{1440}{t_1 + t_2 + a_1 + a_2} \quad [\text{per tr/s}] \quad (\text{VIII.1})$$

Capacitatea de circulație posibilă pe cale dublă în cele două sensuri de mers :

$$n_1^d = \frac{1440}{t_1 + a_1} \quad [\text{tr/s}] \quad (\text{VIII.2 a})$$

$$n_2^d = \frac{1440}{t_2 + a_2} \quad [\text{tr/s}] \quad (\text{VIII.2 b})$$

Raportul de mărire a capacității prin dublare este :

$$R = \frac{a_1^2 + a_2^2}{2a^3} \quad (\text{VIII.3 a})$$

S-a luat coeficientul 2 la numitor intrucît capacitatea pe linia simplă se exprimă în perechi de trenuri, iar pe calea dublă în trenuri.

Presupunind că timpii de mers pe sensuri de circulație și mărirea intervalelor de stație rămân aceleași și după dublare și înlocuind în relația (VIII.3 a) se obține sporul de capacitate :

$$R = \frac{(t_1 + t_2 + a_1 + a_2)^2}{2(t_1 + a_1)(t_2 + a_2)} \quad [\text{per.tr/al}] \quad (\text{VIII.3 b})$$

Sporul de capacitate în ipoteza graficului pereche în pachet se calculează pornind de la stabilirea perioadei graficului pereche în pachet.

Perioada graficului pereche în pachet pe cale simplă este :

$$P_G^p = t_1 + t_2 + a_1 + a_2 + (K_1 - 1) I_1 + (K_2 - 1) I_2 \quad (\text{VIII.4 a})$$

Luind intervalele de stație ($a_1 a_2$), numărul de trenuri din pachet ($K_1 K_2$) și intervalele de timp la care se urmăresc trenurile în pachet ($I_1 I_2$) egale în cele două sensuri de circulație, și înlocuind în relația (VIII.4 a), rezultă perioada graficului pereche în pachet pe calea simplă:

$$P_G^p = t_1 + t_2 + 2a + 2(K - 1) I \quad (\text{VIII.4 b})$$

Iar pentru un singur tren perioada graficului pereche pachet pe linia simplă este :

$$P_G^p = \frac{t_1 + t_2 + 2a + 2(K - 1) I}{2 K} \quad (\text{VIII.4 c})$$

Perioada graficului în pachet pe cale dublă este :

$$P_G^d = I \quad (\text{VIII.5})$$

Sporul de capacitate în ipoteza graficului pereche în pachet se obține împărțind relația (VIII.4 c) cu relația (VIII.5)

$$R = \frac{t_1 + t_2 + 2a + 2(K - 1) I}{2 K I} \quad [\text{tr/al}] \quad (\text{VIII.6})$$

Sporul de capacitate obținut este, de regulă, mai mare în ipoteza întâi de calcul decît în cea de a doua.

Proiectarea celei de a doua linii cere să se rezolve două probleme importante :

- stabilirea nivelului liniei a doua față de nivelul liniei existente

- alegerea părții pe care se va face dublarea în raport cu linia existentă.

VIII.2.2. Stabilirea nivelului liniei a doua în profilul în lung

Cea de a doua linie se poate proiecta pe un terasament comun cu linia existentă sau pe un terasament diferit de cel al liniei existente (variantă nouă, independentă de linia simplă).

În ceea ce privește nivelul, cea de a doua linie se poate proiecta - în cazul unui terasament comun cu linia existentă - la același nivel (fig.VIII.8) sau la un nivel diferit (fig.VIII.9), în funcție de condițiile locale.



Fig.VIII.8. Amplasarea liniei a doua alături de cea existentă și la același nivel
a) în rambleu; b) în debleu

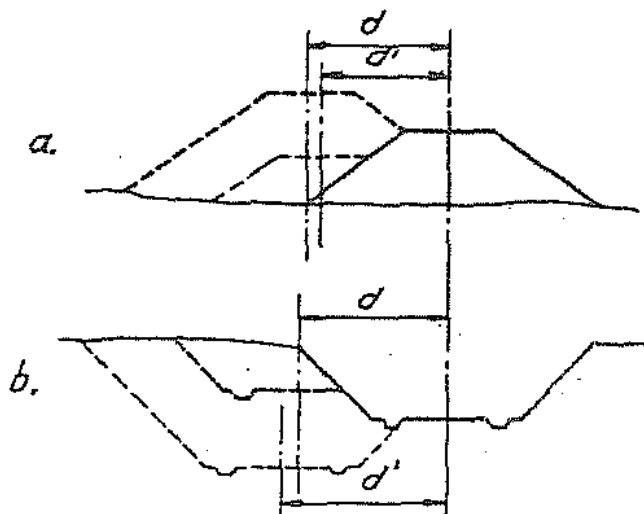


Fig.VIII.9. Amplasarea liniei a doua alături și la un nivel diferit de linia existentă
a) în rambleu; b) în debleu.

Proiectarea cea mai favorabilă constă în amplasarea liniei a doua alături de cea existentă și la același nivel.

Amplasarea la un alt nivel - mai sus sau mai jos - apare în

deosebi la liniile cu un profil greu, situate în regiunile muntoase și care au fost proiectate în condiții tehnice ce nu mai corespund cerințelor actuale de viteze de circulație, intensitate de circulație etc. Diferențele de nivel între cele două linii rezultă din proiectarea celei de a doua linii cu elemente de profil care se deosebesc față de linia simplă atât prin valoarea declivității și lungimii, cât și prin modul de îmbinare a acestora.

Amplasarea celei de a doua linii pe un terasament comun cu linia existentă, dar la un alt nivel, prezintă unele inconveniente: complică condițiile de evacuare transversală a apelor, favorizează condițiile de înzăpezire a liniei, mărește în unele cazuri volumul de terasamente, înrăutățește condițiile de întreținere a liniei.

Pentru ca cele două linii să fie în situație finală alăturate și la același nivel, adeseori se recurge la rectificarea liniei existente pe anumite porțiuni, fie prin ridicarea niveletei căii fie prin modificarea poziției căii concomitent cu ridicarea niveletei, în raport cu condițiile locale.

Amplasarea liniei a doua pe un terasament nou (amplasarea în variantă) poate să apară în situații speciale și numai pe anumite porțiuni de linie, ca de exemplu: în apropierea podurilor mari și la intrarea în tuneluri, în zonele de dezvoltare artificială a traseului în scopul reducerii rezistenței caracteristice, în zonele în care s-a rectificat traseul urmărindu-se scurtarea liniei, evitarea locurilor improprii pentru efectuarea lucrărilor de construcție și exploatare a liniei etc).

VIII.2.3. Alegerea părții de care se face dublarea

Una din problemele importante ce se cere să fie rezolvată cu ocazia dublării liniilor simple constă în alegerea părții de care se face dublarea în raport cu linia existentă.

În unele cazuri, partea pe care se va executa dublarea a fost prevăzută încă de la construirea liniei simple și poate fi recunoscută din examinarea elementelor terasamentelor (poziția gropilor de imprumut, cavalierilor și a șanțurilor), precum și din cercetarea infrastructurii podurilor și viaductelor, a tunelurilor și a schemelor după care s-au construit stațiile și haltele de mișcare și s-au amplasat liniile ramificate din aceste puncte de secționare.

Dacă la proiectarea liniei simple nu s-a avut în vedere posibilitatea dublării căii, atunci trebuie analizați factorii care influențează alegerea părții de care se face dublarea și, în consecință, să se studieze soluțiile posibile.

Rezolvarea problemei începe cu stabilirea poziției liniei a doua în stațiile și în haltele de mișcare. Alegerea poziției celei de a doua linii în raport cu linia directă depinde de schema stațiilor și a haltelor de mișcare, dispoziția liniilor ramificate și amplasarea construcțiilor și instalațiilor din stație și haltă.

Se recomandă ca în stațiile intermediare și în haltele de mișcare amplasarea liniei duble să se facă pe partea opusă clădirii de călători (fig.VIII.10). Prin această amplasare se evită sporurile de cheltuieli cu eventuale demolări de construcții pe care le comportă aglomerarea pe aceeași parte cu clădirea de călători.

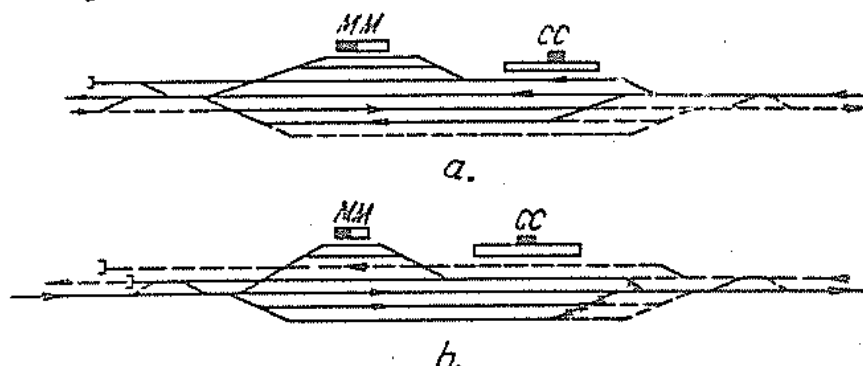


Fig.VIII.10. Amplasarea liniei a doua în stațiile intermediare
a) linie dublă de partea opusă clădirii de călători;
b) - " - " - " aceeași parte a clădirii de călători.

În linie curentă partea de care se face dublarea depinde de următorii factori:

- modul în care s-a rezolvat amplasarea celei de a doua linii în stațiile intermediare și în haltele de mișcare;
- poziția gropilor de împrumut și a cavalierilor, urmărindu-se ca poziția acestora să nu îngreuneze lucrările de dublarea săli;
- poziția eventualelor lucrări de consolidare a terasamentelor, apărări de maluri și corectări de rîuri, precum și a podurilor, viaductelor și tunelurilor;
- poziția căii față de versant: dacă linia se află în rambleu este indicat ca dublarea să se facă în spre amonte, ceea ce asigură o reducere a volumului lucrărilor de terasamente; dacă linia este situată în deblen se recomandă, din același considerente, ca cea de a doua linie să fie așezată spre aval;
- poziția căii față de talvegul văii; se recomandă ca dublarea să se facă spre amonte pentru a se menaja lucrările de apărare, de consolidare, regularizări etc;
- poziția în plan și în nivel a eventualelor linii de ramificații, linii industriale etc. Cu ocazia dublării liniei trebuie să

se desființeze joncțiunile în linie curentă prin mutarea acestora în stația cea mai apropiată;

- poziția în plan și în nivel a diferitelor construcții și instalații necesare întreținerii și exploatării liniilor ferate, evitându-se pe cât posibil, demolarea lor, mai ales a celor care au o importanță mai mare;

- condițiile geologice, geotehnice, hidrologice și alți factori care influențează amplasamentul liniilor noi de cale ferată.

Satisfacerea tuturor cerințelor expuse mai sus ar necesita schimbarea frecventă a părții pe care se va face dublarea, prin introducerea unor curbe în S la traversarea liniei existente; aceasta crează dificultăți în procesul de construire și de exploatare a liniei, fapt pentru care se preferă dublarea pe o singură parte - partea în care inconvenientele de execuție sînt mai mici.

Amplasarea liniei a doua într-o singură parte a liniei existente ușurează procesul tehnologic de execuție a lucrărilor de dublare și permite ca pe linia existentă să se circule în continuare cu viteza normală iar pe linia nou construită să se circule cu o viteză redusă pînă la tasarea terasamentelor.

Dacă dublarea apare ca indicată în părți opuse, atunci trecerea dintr-o parte în alta a liniei existente se poate realiza atît în linie curentă cît și în punctele de secționare.

Schimbarea părții de care se face dublarea se preferă să se realizeze pe porțiunile de curbă situate în linie curentă (fig.VIII.11).

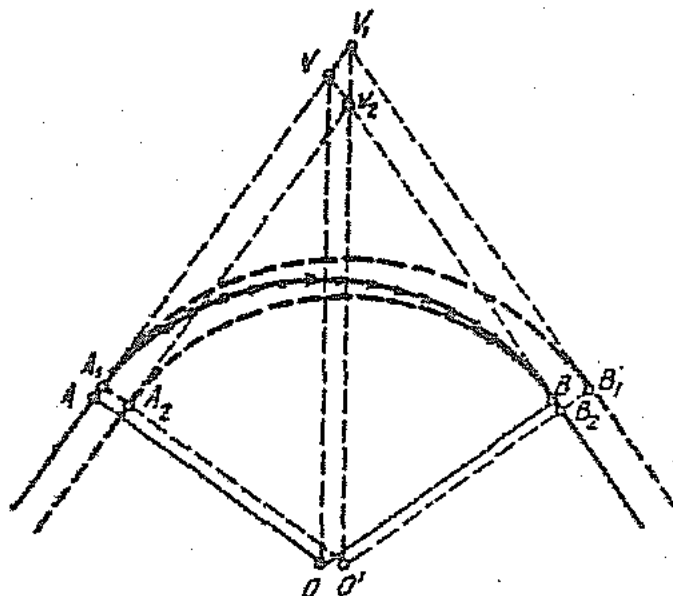


Fig.VIII.11. Trecerea dintr-o parte în alta a liniei existente, realizată în curbă

Dacă trecerea dintr-o parte în alta a liniei existente se realizează pe porțiunile de linie situate în aliniament atunci aceasta necesită introducerea unor curbe și contracurbe ceea ce în general nu este recomandabil (fig.VIII.12).

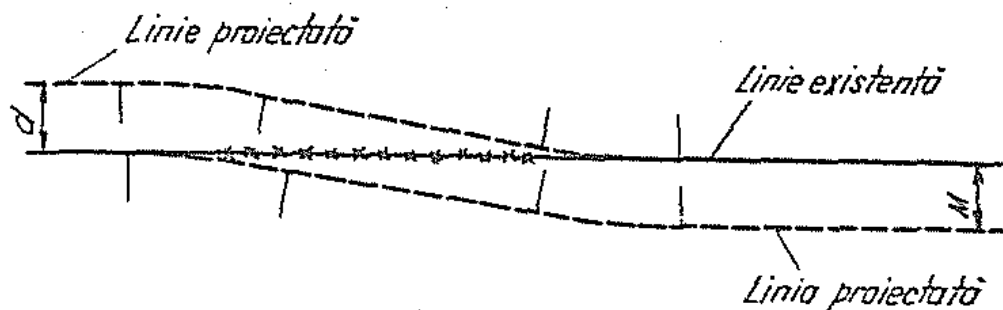


Fig.VIII.12. Trecerea dintr-o parte în alta a liniei existente, realizată în aliniament

Pe sectoarele afectate trecerii dintr-o parte în alta a liniei existente, apar unele inconveniente în legătură cu executarea lucrărilor de suprastructură și de terasamente.

Astfel:

- când calea se află în rambleu în zona de trecere, pe anumite porțiuni ale traseului, suprastructura celor două linii sau numai a uneia (în raport cu poziția față de capetele zonei de trecere) se așază în parte pe vechiul terasament consolidat și în parte pe cel nou, expus tasării;

- în apropierea punctelor de trecere de la axa veche a liniei la axa nouă, lărgimea terasamentelor prin adăug lateral de pământ în cazul căii în rambleu (fig.VIII.13 a), se subțiază prea mult, ajungând treptat la zero, ceea ce înrăutățește condițiile de realizare a înfrățirii terasamentelor.

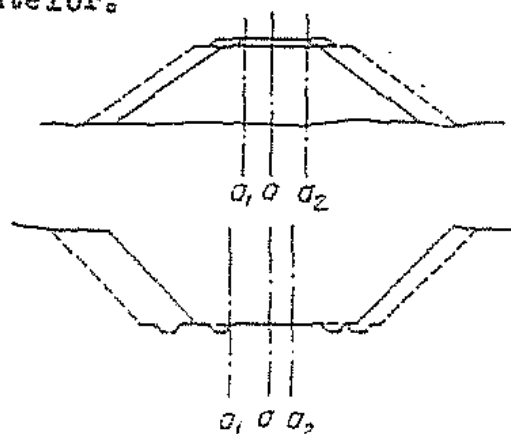


Fig.VIII.13. Profil transversal în zona de trecere dintr-o parte în alta a liniei existente

Schimbarea părții de care se face dublarea în cuprinsul punctelor de secționare (stații intermediare, halte de mișcare), se recomandă să fie evitată, deoarece prezintă unele inconveniente: ripări de linii și mezasuri, îngreunarea activității de exploatare a stației etc.

Stațiile și haltele de mișcare amplasate în curbă se pretează mai bine la schimbarea părții de care se face dublarea decât stațiile amplasate în aliniament.

La stațiile amplasate în aliniament schimbarea se poate face, în caz de nevoie, printr-o curbă și contra curbă, la unul din capete înainte de intrare în stație.

În principiu la trecerea prin stații și halte de mișcare trebuie să se urmărească obținerea pentru cele două linii curente a unor direcții nesbătute (linii directe).

Rezultă că schimbarea părții pe care se face dublarea este indicat să se realizeze în curbele situate în linie curentă și, pe cât posibil, în zone cu înălțimi mici de rambleu și adâncimi mici de debleu.

VIII.2.4. Proiectarea liniei duble în profil transversal

Dublarea liniilor simple necesită elaborarea proiectelor pentru întregul complex de lucrări prin care se realizează transformarea liniei simple în linie dublă. La proiectarea celei de a doua linii se aplică condițiile tehnice și normale de proiectare valabile pentru proiectarea liniilor noi, luându-se în considerare cerințele impuse de măririle vitezelor de circulație, sporirea tonajelor, în condițiile unei creșteri a intensității traficului.

Proiectarea liniei duble începe cu o cercetare amănunțită a liniei simple în scopul stabilirii soluțiilor de îmbunătățire a caracteristicilor acesteia în plan și în profil conform noilor cerințe de exploatare.

De soluțiile preconizate pentru ameliorarea traseului liniei simple (reducerea rezistenței caracteristice, scurtarea lungimei liniei, ocrotirea zonelor nefavorabile pentru construirea liniei și exploatarea acesteia prin rectificări de niveletă și a poziției axei săii în plan) trebuie să se țină seama și de proiectarea liniei duble.

Proiectarea liniei duble în profilul în lung se face în paralel cu proiectarea ei în planul de situație și în strânsă legătură cu proiectarea liniei în profilul transversal, întrucât între piesele de proiect respective există relații reciproce de care trebuie să se țină seama.

În cazul în care linia simplă corespunde sub aspect tehnic noilor cerințe de exploatare, cea de a doua linie se va proiecta, pe cât posibil, alături de linia existentă pe un terasament comun și la același nivel cu aceasta (fig.VIII.8).

Distanța normală între axele celor două linii (d) se ia :

$$d = 4,00 + \Delta \quad [m] \quad (\text{VIII.7})$$

în care:

4,00 m reprezintă distanța normală între axele liniilor în aliniament, exceptând următoarele cazuri:- platformele punctelor de secționare (stații și halte), în dreptul unor lucrări de artă și în unele condiții speciale de executare a lucrărilor de terasamente;

Δ - sporul lățimilor de gabarit în curbă, în funcție de mărimea razei și valoarea raportului dintre supraînălțarea curbei exterioare și suprastructura curbei interioare.

Diferența de nivel de valoare mică (cel mult 25 cm) - între suprafața șinei de pe linie dublă și a celei de pe linia existentă - se înlătură prin corectarea din balast a nivelului liniei existente. Se recomandă ca aceste corectări de nivel să fie studiate pe un profil în lung exagerând scara înălțimilor în raport cu scara lungimilor și să fie realizate pe cât posibil, numai prin ridicarea nivelului căii existente.

Diferențele de nivel mari între nivelul liniei existente și nivelul liniei duble se înlătură prin lucrări de reconstrucție care afectează infrastructura liniei existente.

Se recomandă ca niveleta liniei duble să fie astfel studiată încât diferențele de nivel mai mari dintre această linie și linia existentă - diferențe ce trebuie corectate pentru aducerea liniilor la același nivel - să apară pe cât posibil în zonele cu ramblee și debleuri cât mai mici. În acest fel volumul lucrărilor de terasamente se reduce la minimum.

Dacă la proiectarea liniilor simple s-a avut în vedere posibilitatea dublării căii în viitor și în consecință, infrastructura lucrărilor de artă mai importante s-a construit pentru cale dublă, atunci cotele acestor lucrări de artă devin obligatorii la studiul niveletei liniei duble.

La înlăturarea diferențelor de nivel mari prin lucrări de reconstrucție a liniei existente și aducerea liniilor la același nivel se disting două situații :

1. cu deplasarea în plan a axei liniei existente,
2. fără deplasarea în plan a axei liniei existente.

Primul caz apare atunci când din diferite cauze (evitarea lucrărilor de consolidare a unor terasamente, mărirea razei curbei, nevoia de a ridica sau coborî mai mult nivelul liniei etc), este necesară schimbarea poziției în plan și de nivel a liniei existente pe unele porțiuni de traseu.

Înlăturarea diferenței de nivel se realizează în următoarea succesiune:

- se execută terasamentele pentru cea de a doua linie,
- se așază suprastructura liniei a doua și se mută pe ea circulația de pe linia existentă,
- se înlătură diferența de nivel și se așază prima linie la distanța proiectată.

Scheme de execuție a dublării liniei cu rectificarea axei liniei existente în plan și în profil sînt prezentate în fig.VIII.14 pentru calea în rambleu și fig.VIII.15, pentru calea în debleu.

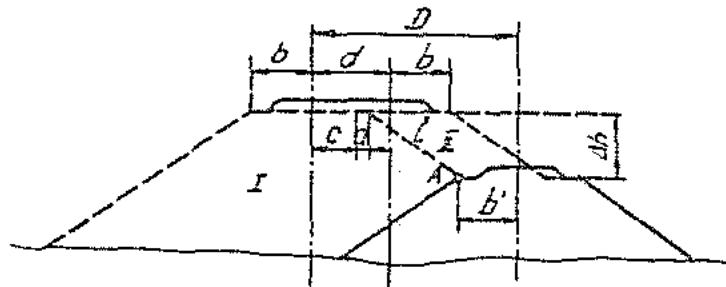


Fig.VIII.14. Dublarea liniei în rambleu cu rectificarea axei liniei existente în plan și în profil

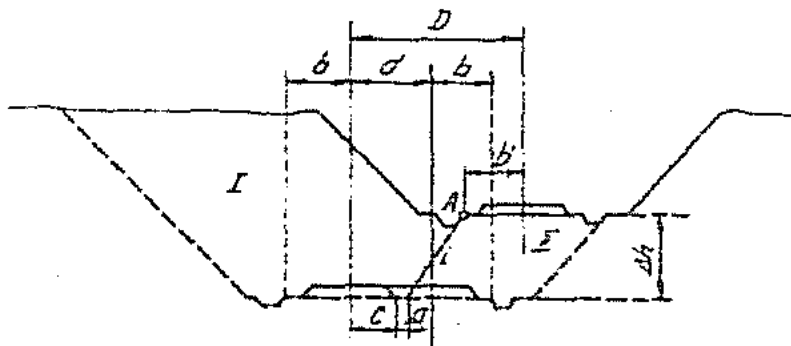


Fig.VIII.15. Dublarea liniei în debleu cu rectificarea axei liniei existente în plan și în profil

Pentru ca lucrările de dublare să se poată efectua fără să se etajasească circulația trenurilor trebuie ca distanța între axa liniei a doua și linia existentă (D) să fie suficient de mare și cel puțin :

$$D = b' + \frac{Ah}{1} + a + c \quad (\text{VIII.8}).$$

în care:

Δ - este diferența de nivel între linia dublă și linia existentă;

b' - jumătatea din lățimea platformei liniei existente;

1 - înclinarea taluzului;

a - distanța de la creștea respectiv bazei, taluzului provizorie până la marginea prismei de balast ($a = 0,20$ m);

c - jumătate din baza prismei de balast.

Această soluție se aplică atunci când diferența de nivel între linia dublă și linia existentă are valori mari, când se recomandă menținerea unui taluz și când traseul liniei existente poate fi rectificat atât în profil cât și în plan.

Cel de al doilea caz se caracterizează prin aceea că axa liniei în plan trebuie să rămână în final pe loc.

Înlăturarea diferenței de nivel între linia dublă și linia existentă se realizează în următoarea succesiune:

- se execută terasamentele pentru linia dublă în poziție provizorie;
- se așază suprastructura liniei duble și se mută pe ea circulația de pe linia existentă;
- se înlătură diferența de nivel și se așază ambele linii în poziția proiectată (ripindu-se linia dublă din poziția provizorie în cea definitivă).

Schemele de execuție a lucrărilor de dublare fără deplasarea axei liniei existente sînt prezentate în fig.VIII.16 pentru calea în rambleu și fig.VIII.17 pentru calea în debleu.

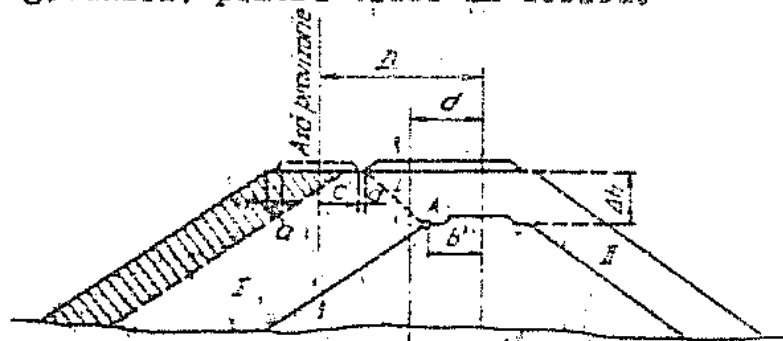


Fig.VIII.16. Dublarea liniei în rambleu, fără deplasarea axei liniei

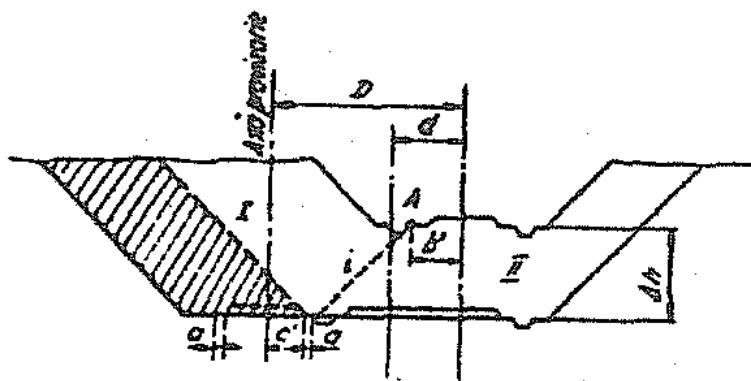


Fig.VIII.17. Dublarea liniei în debleu, fără deplasarea axei liniei existente

Pentru ca lucrările de dublare să se poată executa fără întreruperea circulației trenurilor este necesar ca distanța între axele celor două linii (D), să fie cel puțin :

$$D = b' + \frac{\Delta h}{i} + a + d' \quad (\text{VIII.9})$$

$\Delta h, b', i, a$ - au aceeași semnificație ca și în relația (VIII.8)
 c' - jumătate din emprisa prismei de balast provizorie și înălțimea redusă.

Această soluție prezintă unele dezavantaje: deranjează ambele talusuri ale liniei existente și comportă executarea de terasamente suplimentare. Din această cauză se va recurge la aplicarea acestei soluții numai în cazul în care este obligatorie să se păstreze neschimbată poziția în plan a axei liniei existente.

După cum rezultă din cele de mai sus, la proiectarea liniei duble - ca de altfel și la proiectarea reconstruirii liniilor simple - studiul traseului celei de a doua linii trebuie să se facă consensuat în profilul în lung, în planul de situație și în profilul transversal.

VIII.3. Electrificarea căilor ferate

VIII.3.1. Eficacitatea electrificării căilor ferate

Electrificarea căilor ferate constituie unul dintre cele mai importante mijloace de construcție tehnică a transportului feroviar.

Prin introducerea locomotivelor electrice, caracterizate prin forță mare de tracțiune și viteze de circulație sporite, se poate obține o creștere a capacității de circulație și de transport a liniei cu circa 1,5-2,5 ori, față de tracțiunea cu locomotive cu abur.

Electrificarea căilor ferate prezintă avantaje pentru întreaga economie națională întrucât permite utilizarea rațională a izvoarelor

de energie prin folosirea energiei apelor (în hidrocentrale) și a cărbunilor de slabă calitate (în termocentrale) care în mod obișnuit nu dau un randament satisfăcător în tracțiunea cu abur.

Datorită avantajelor pe care le prezintă tracțiunea electrică și în condițiile actuale de dezvoltare continuă a sistemelor electro-energetice, în ultimii ani se observă un ritm susținut de creștere a rețelei de căi ferate electrice pe glob. Lungimea totală a căilor ferate electrice măsoară peste 170.000 km și reprezintă aproximativ 15% din rețeaua mondială de căi ferate. În unele țări din Europa, căile ferate electrice au o pondere mare în ansamblul rețelei feroviare, ca de exemplu: Elveția 99%, Suedia 64%, Norvegia 57%, Olanda 77%, Italia 50%, Austria 42%, R.F. Germană 32%.

După sistemele de tracțiune, adică după felul curentului și tensiunii la linia de contact, tracțiunea electrică se realizează în următoarele variante (menționate în ordinea cronologică a apariției lor);

1. Sistemul curentului alternativ trifazat cu o frecvență 25 Hz și tensiunea 1,5; 3 și 6 kV (reprezintă circa 3% din totalul căilor ferate electrice), aplicat la primele electrificări de cale ferată din Elveția și în nordul Italiei. Astăzi nu se mai aplică.

2. Sistemul curentului continuu, cu tensiune 0,75; 1,5 și 3 kV (62%) răspândit în URSS, Franța, Italia, Anglia, RSC.

3. Sistemul curentului monofazat cu frecvența joasă 16 2/3 și tensiune 15 kV (25%), răspândit în Elveția, Austria, RFG, RDG, Suedia și Norvegia).

4. Sistemul curentului monofazat cu frecvența industrială 50 Hz și tensiune 25 kV (10%) introdus în Franța, Anglia, URSS, RPU, India.

În țara noastră s-a adoptat sistemul în curent alternativ, monofazat de tensiune 25 kV și frecvența 50 Hz. Acesta este un sistem modern și prezintă avantaje tehnică și economice importante în comparație cu celelalte sisteme.

De altfel, în prezent se remarcă tendința aproape universală de adoptare a curentului alternativ monofazat de 50 Hz și 25 kV atât în țările care trec la electrificare, cât și în țările care au deja rețeaua feroviară electrificată în alt sistem, dar care își continuă electrificarea.

În ceea ce privește locomotiva adoptată, aceasta este de tip Co-Co fabricată la Uzinele Electropunere după un patent ASEA-Suedia și se caracterizează prin: putere de regim unicat de 5100 kW (6580 CP) viteză de regim 68 km/h și viteză maximă constructivă 160 km/h.

Electrificarea liniilor existente apare indicată din punct de vedere economic în următoarele condiții :

- pe liniile cu profil greu (declivități mari);
- pe liniile cu traseu sinuos având numeroase curbe cu raze mici;
- volum mare de transporturi;
- surse apropiate de energie electrică;
- condiții climatice aspre.

Locomotivele electrice se caracterizează în general prin forță mare de tracțiune, din care cauză pot remorca cu ușurință trenuri de mare tonaj pe liniile cu un profil greu.

În cazul pantelor lungi și accentuate, se poate recurge la recuperarea parțială a energiei în timpul coborîrii punînd motoarele electrice în situația de a genera energie electrică.

Locomotivele electrice fiind așezate pe boghiuri se înscrim cu ușurință în curbele cu rază mică din care cauză uzura bandajului roții și a șinei este mult mai mică decît la celelalte locomotive. Datorită condițiilor bune de înscriere în curbă, pe liniile sinuoase pot fi utilizate locomotive electrice de mare putere, fără a se recurge la ameliorarea traseului.

Eficienta tracțiunii electrice crește mai ales în condițiile unui trafic de mare intensitate, deoarece locomotivele electrice sînt capabile să remorcheze trenuri cu un tonaj mai mare și cu viteze mai mari decît locomotivele cu abur și locomotivele diesel.

Eficienta tracțiunii electrice este deosebit de mare în condițiile unui trafic intens de călători, datorită demarajului rapid și condițiilor superioare de confort (lipsa fumului, scînteielor etc) și siguranța în circulație.

Introducerea tracțiunii electrice este indicată atunci cînd sursele de energie electrică se găsesc situate în apropierea liniilor de cale ferată (se reduce la minimum cheltuielile pentru transportul energiei electrice) precum și atunci cînd linia de cale ferată străbate regiuni cu condiții climatice aspre.

Analiza posibilităților de remorcare ale locomotivei la o greutate aderentă dată în cele trei sisteme de tracțiune și a cheltuielilor anuale, indică precis și domeniul rentabil de aplicare a sistemului de tracțiune, și anume :

- tracțiunea electrică prezintă maximum de rentabilitate pe liniile magistrale cu trafic mare și mai ales pe cele care au un profil greu și un traseu sinuos;

- tracțiunea diesel este rentabilă pe liniile magistrale mai ușoare cu profil și cu un trafic mijlociu și totdeauna pe liniile secundare;

Eficiențata tracțiunii electrice se stabilește în baza prețului de cost minim, în funcție de rampa caracteristică și intensitate traficului.

Pe o linie având o anumită rampă, de exemplu i , tracțiunea electrică devine mai rentabilă decât cea diesel dacă traficul depășește mărimea t_c , numit trafic critic.

În mod analog pe o linie având un anumit trafic de exemplu t , tracțiunea electrică devine mai rentabilă dacă rampa liniei depășește mărimea i_c numită rampa critică.

Rezultă, privind din punct de vedere economic că, în general, liniile cu un profil greu (rampe mari) și cu un trafic intens sînt cele mai indicate pentru electrificare.

Totuși, nu este exclusă posibilitatea ca și liniile cu rampe relativ mici să devină susceptibile de electrificare dacă traficul lor depășește valorile critice corespunzătoare acestor rampe, după cum nu se exclude nici posibilitatea electrificării unor linii avînd un trafic redus dar a căror rampe caracteristice depășesc valoarea critică corespunzătoare acestui trafic.

VIII.3.2. Elementele unei căi ferate electrice

Pentru a electrifica o linie de cale ferată este necesar să fie construite o serie de instalații proprii acestui scop. Calea ferată electrică se compune din :

- instalații fixe: sursele producătoare de energie electrică, liniile pentru transportul energiei electrice, substațiile de tracțiune, linia de contact (catenara) și șinele;
- instalații mobile: locomotivele electrice și vagoane.

Schema de principiu cu instalațiile esențiale aferente unei căi ferate electrificate, este redată în fig.VIII.18.

Instalațiile producătoare de energie electrică sînt de obicei centralele electrice (termo și hidroelectrice).

Liniile electrice pentru transportul energiei electrice la mare distanță (numite și linii electrice aeriene) funcționează la tensiuni înalte de 110-400 kV, în cazul țării noastre.

Substațiile de tracțiune sînt instalații necesare pentru racordarea căii ferate electrice la liniile de transport și au drept scop să transforme curentul trifazat și tensiunea înaltă luate de la linia

de transport într-un curent cu caracteristici necesare căii ferate electrice. Întrucât o cale ferată nu admite întreruperi în alimentare, se impune condiția ca alimentarea substației să se facă din două linii de transport a energiei electrice. Ca utilaj și aparataj, o substație de tracțiune este înzestrată cu transformatoare, întrerupătoare automate, separatoare, aparate de măsură, control și înregistrare.

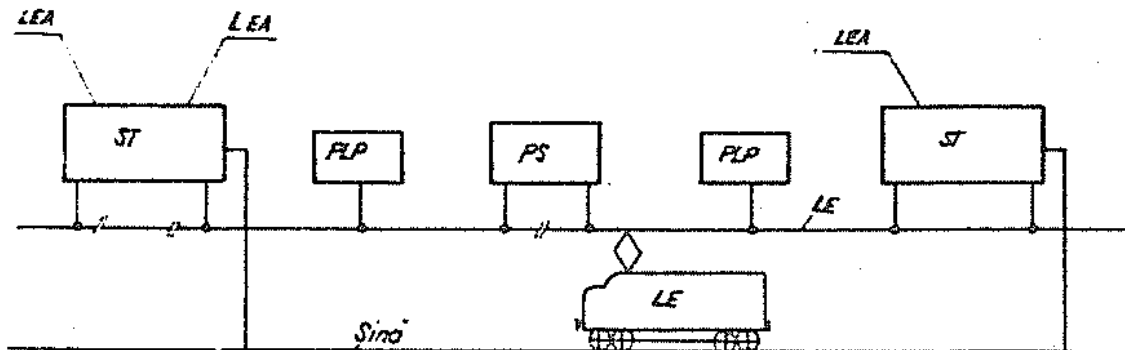


Fig.VIII.18. Schema unei căi ferate electrice

Linia de contact este o rețea electrică seriană, construită de-a lungul căii ferate, de la care locomotiva se alimentează cu energie electrică.

Pentru a se garanta o cât mai mare siguranță de funcționare, linia de contact se împarte în secțiuni, care din punct de vedere electric sînt independente și care se leagă între ele prin separatori speciali.

Separatorii speciali pot fi: posturi de secționare și puncte de legare în paralel.

Posturile de secționare au ca scop să realizeze secționarea sau conectarea longitudinală a firului de contact între două substații de tracțiune. În cazul liniilor duble, în postul de secționare se realizează și o legare în paralel a firelor de contact de pe cele două cii, în scopul reducerii căderilor de tensiune.

La mijlocul distanței dintre substație de tracțiune și un post de secționare se instalează un punct de legare în paralel (PLP) în vederea ameliorării nivelului de tensiune în linia de contact. Evident, un punct de legare în paralel nu se poate instala decât în cazul unei căi ferate duble.

O astfel de construcție a rețelei dă posibilitatea de a se scoate din funcțiune oricare din secțiunile sale pentru efectuarea

lucrărilor de înlăturare a deranjamentelor fără a se întresupe circulația trenurilor pe celelalte secțiuni ale liniei.

Cea mai simplă linie aeriană de contact constă dintr-un fir întins paralel cu calea ferată susținut de stâlpi prevăzuți cu console sau cu traverse (fig.VIII.19). Acest sistem foarte simplu prezintă

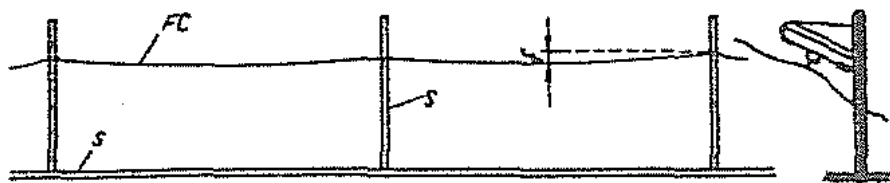


Fig.VIII.19. Linie de contact cu suspensie simplă

inconvenientul că firul, datorită greutatei proprii capătă o anumită săgeată, care nu poate fi redusă decât printr-o întindere exagerat de puarnică, ceea ce poate duce la ruperea sa. La vitezele mari, pantografele locomotivelor electrice, având sarcina să capteze continuu curentul pe firul de contact, nu pot să urce și să coboare așa de repede încât să poată urmări denivelările firului de contact.

Datorită acestor inconveniente acest sistem simplu de linie de contact nu este folosit decât pe liniile de manevră și de garare, unde locomotivele circulă cu viteze reduse. Din aceleași motive, pe liniile principale se utilizează linii de contact cu suspensie catenară, denumite pe scurt catenare (fig.VIII.20).

Între doi stâlpi se întinde un prim cablu denumit cablu purtător. Firul de contact propriu-zis este suspendat de cablu purtător prin intermediul unor fire denumite pendule. Lungimea pendulelor este astfel reglată încât firul de contact să aibă o poziție orizontală. În plus, firul de contact se ancorează mobil la cele două capete ale unei zone de întindere, cu ajutorul unor contragreutăți, urmărindu-se să se obțină o elasticitate cât mai uniformă, în lungul firului de contact.

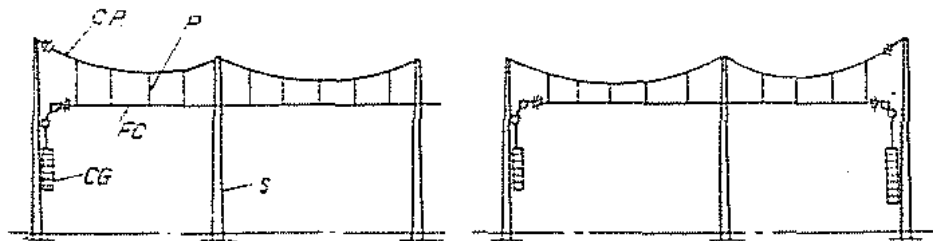


Fig.VIII.20. Linie de contact cu suspensie catenară

Firul de contact se montează în zig-zag față de axa căii, cu abateri de 30-40 cm, pentru ca uzura pantografului să se repartizeze pe o lățime cât mai mare.

În dreptul stațiilor, posibilitățile de defecțare fiind mai numeroase decât în linia curentă, linia de contact se montează cu o conductă de ocolire, alimentarea făcându-se prin intermediul unor linii transversale.

Modul de susținere al firului de contact în linie curentă se deosebește de cel adoptat în stație.

În linia curentă susținerea firului de contact se face, de obicei cu ajutorul unor stâlpi din beton armat prevăzuți cu console (fig. VIII.21). Distanța de plantare față de axa liniei curențe este de minimum 2,70 m. Distanța obișnuită între stâlpi este: 65 m în aliniament și 30 m în curbă.

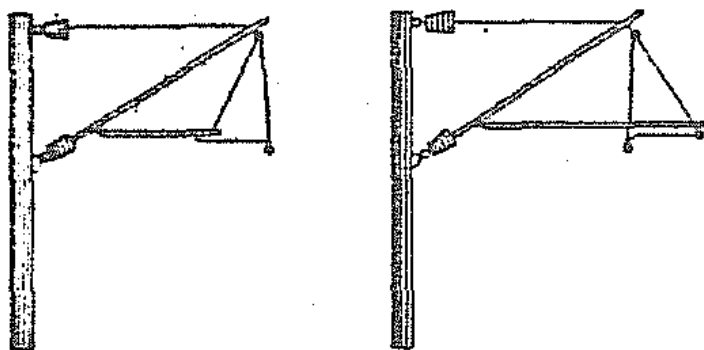


Fig. VIII.21. Stâlpi de susținere a firului de contact, în linie curentă

În stații, amplasarea stâlpilor de susținere a firului de contact se poate face între linii sau în afara liniilor și trebuie astfel realizată încât să nu împiedice vizibilitatea semnalelor și nici posibilitatea de circulație între linii a personalului de exploatare.

Modul de susținere depinde între altele și de numărul de linii din stație și tipul stației.

În stațiile mici cu un număr redus de linii (3-4 linii) prin care majoritatea trenurilor circulă fără oprire, se preferă amplasarea stâlpilor de susținere a firelor de contact ca și în linie curentă, cu respectarea datelor impuse prin gabarite.

În stațiile mai mari, unde se depășește numărul de 3-4 linii și unde între șine mai sînt amplasate persoane și alte instalații ferroviare, problema amplasării stâlpilor de susținere a firului de

contact devine destul de complicată. La aceste stații firele de contact pot fi susținute prin diferite sisteme:

- traverse elastice cu stâlpi metalici;
- traverse rigide cu stâlpi din beton armat;
- stâlpi din beton armat cu console bilaterale.

Fiecare din aceste sisteme prezintă avantaje și dezavantaje din punct de vedere al condițiilor cerute de exploatare și al cheltuielilor de investiție și de exploatare.

Traversa elastică cu stâlpi metalici amplasați în afara liniilor (fig.VIII.22) se pretează la deschideri mari (peste 30 m) din care cauză se folosește cu precădere în stațiile cu număr mare de linii (peste 5-6 linii).

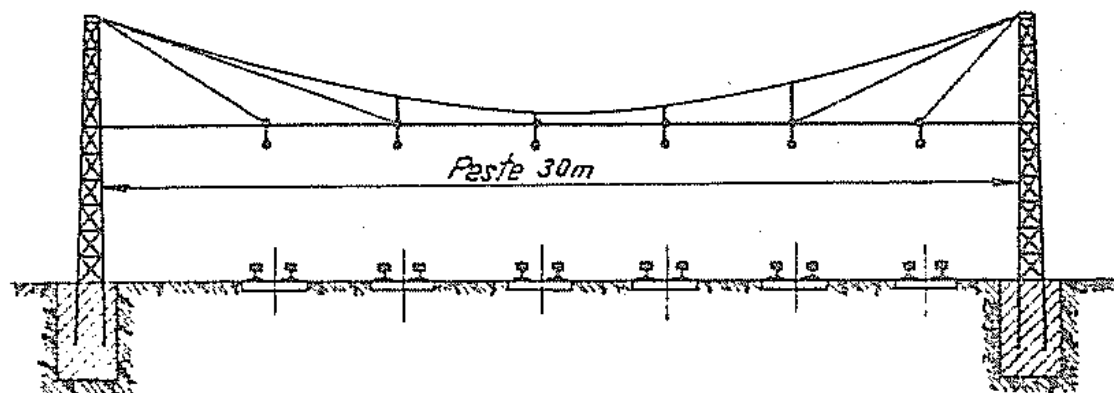


Fig.VIII.22. Traversă elastică cu stâlpi metalici de susținere a firului de contact

Traversa elastică oferă următoarele avantaje: permite o bună vizibilitate a semnalelor, asigură condiții optime pentru deplasarea personalului de exploatare, întreținerea catenarei se face relativ ușor, permite cu ușurință extinderea electrificării liniilor din stație în etape, dacă s-au prevăzut intervalele necesare. Cheltuielile mari de investiție, datorită stâlpilor metalici și al cablurilor de susținere, reprezintă un inconvenient deosebit de important pentru acest mod de susținere.

Traversa rigidă cu stâlpi din beton armat (fig.VIII.23) oferă avantajele traversei elastice, este mult mai economică decât aceasta dar prezintă inconvenientul de a nu putea fi folosită la stațiile cu un număr mai mare de 5-6 linii (peste 30 m).

Stâlpii din beton armat cu console bilaterale (fig.VIII.24) sînt cei mai economici, necesită cheltuieli de investiție minime, dar prezintă următoarele dezavantaje față de celelalte două sisteme:

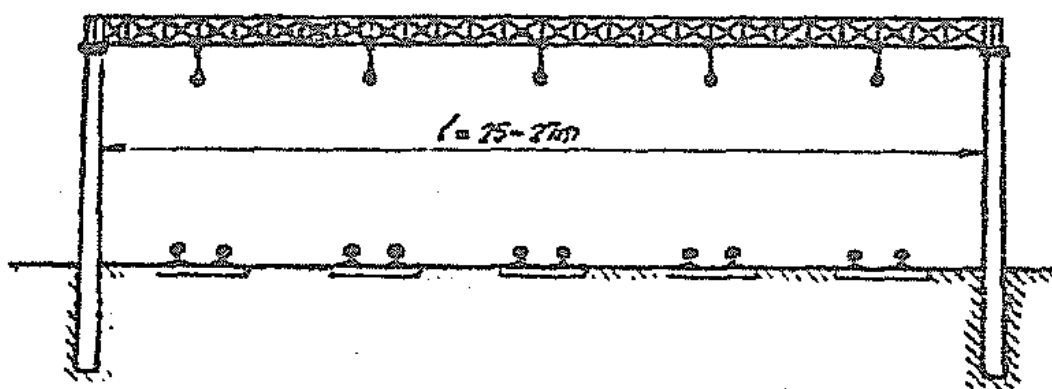


Fig.VIII.23. Traversă rigidă cu stâlpi din beton armat pentru susținerea firului de contact

amplasarea lor între linii necesită ca distanța între axele celor două linii să fie cel puțin 5 m, și împiedică vizibilitatea semnalelor.

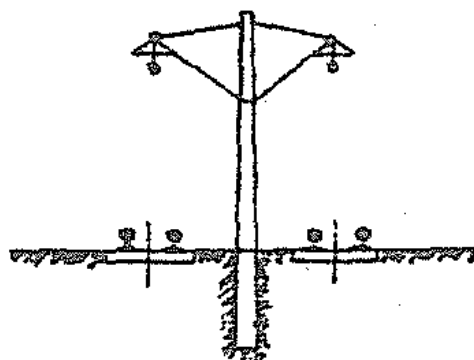


Fig.VIII.24. Stâlpi din beton armat cu console bilaterale pentru susținerea firului de contact

Stâlpii cu console aşezaţi între linii prezintă şi avantajul că oferă posibilitatea dezvoltării electrificării şi a altor linii din staţie în etape ulterioare, fără a se aduce modificări în sistemul de susţinere executat în prima etapă.

Aplicarea acestor sisteme de susţinere a firelor de contact depinde de situaţia locală a fiecărei staţii; în unele cazuri se pot aplica şi sisteme combinate. Astfel de exemplu, la electrificarea staţiilor cu un număr mare de linii şi cu persoane între linii, soluţia ce poate fi adoptată pentru susţinerea catenarului este aceea cu traverse elastice în partea centrală unde sînt persoane, cu traverse rigide în afara persoanelor şi stâlpi cu console la extremităţi.

La stabilirea sistemului de susţinere a firului de contact trebuie să fie soluţionate toate problemele în legătură cu centralizarea electrodinamică a semnalelor şi macazurilor din staţie precum

și cu amplasarea semnalelor luminoase ale blocului autamat în linie eurentă.

Problema menționată este electrificarea unei linii de cale ferată necesară rezolvarea în probabilitate a unor lucrări esențiale, care, în funcție de condițiile locale, pot intra cu o pondere importantă în costul de proiectare investiției, ca de exemplu:

- instalarea stațiilor pe linie care se realizează; operațiunile tehnice utile a liniilor, corepunzătoare cu tonajul traverselor necesare cu locomotive electrice; operațiunile intervalului dintre linii pentru amplasarea semnalelor și eventual a stărilor necesare amplasării acestora; accesul călătorilor la personalul intermediar în stațiile cu un trafic important de călători, fără a se traversa la nivel liniile destinate circulației;

- rectificarea de trasee în special mărirea rețelei eurentelor în linie eurentă, în legătură cu operațiunile vitezelor de circulație a locomotivelor electrice;

- reconstruirea lucrărilor de artă (poduri, puneri, viaducte tuneluri) care nu respectă gabariții pentru electrificare;

- reconstruirea traversărilor liniilor de energie electrică de înaltă și joasă tensiune care nu respectă condițiile tehnice și gabariții la traversarea peste o cale ferată electrică;

- lucrări de protecția liniilor de telecomunicații, liniilor de distribuție de energie electrică de joasă tensiune, a conductelor și cablurilor subterane etc, care sînt influențate de linia de contact a căii ferate electrice.

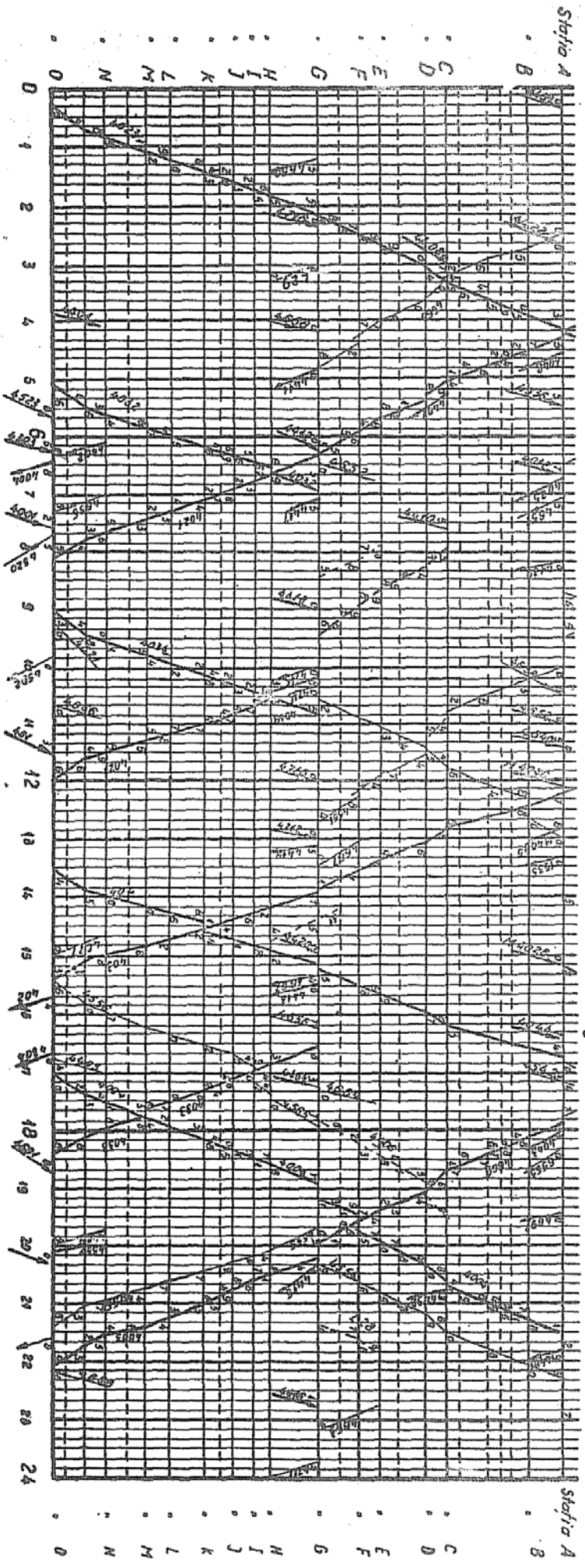
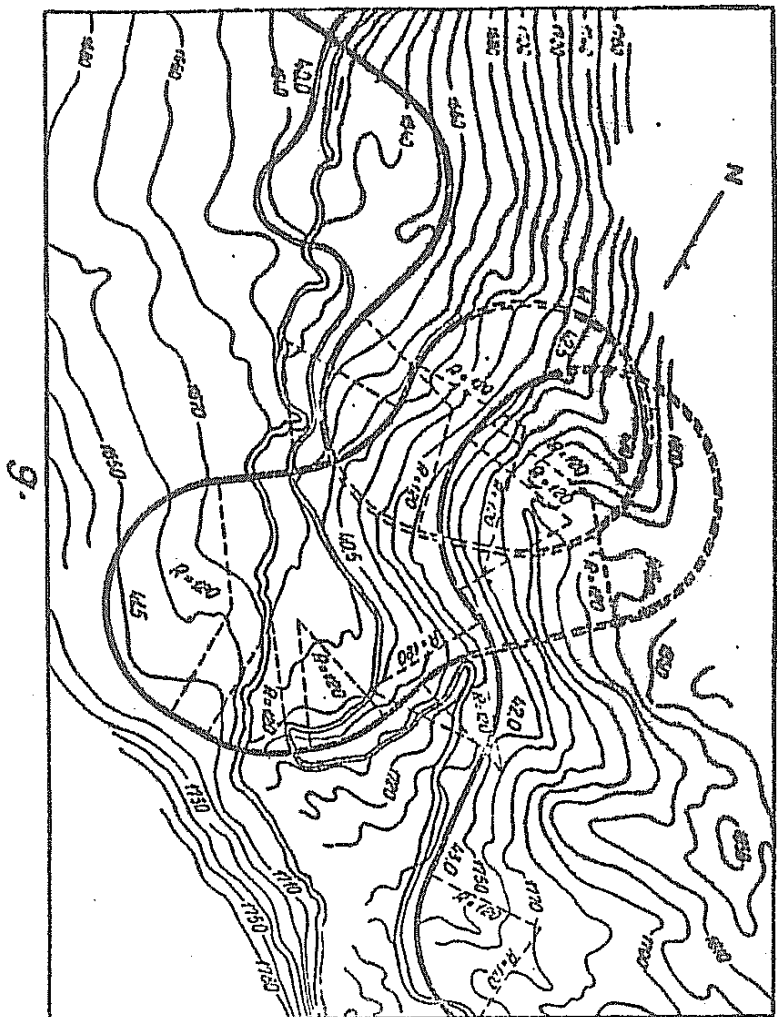


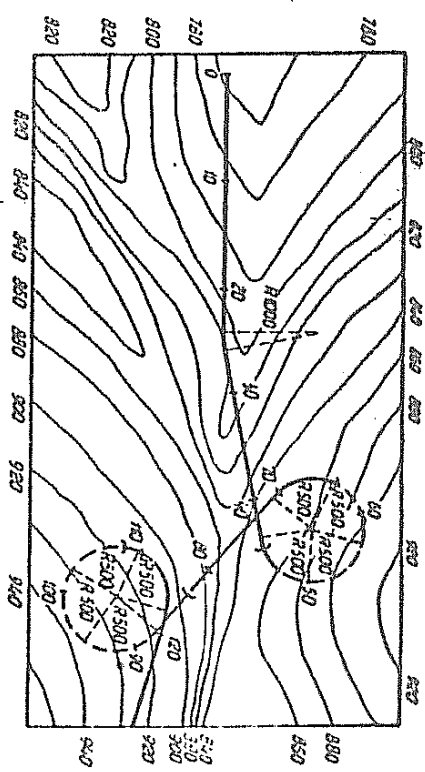
Fig. II.19. Gráfico de circulação



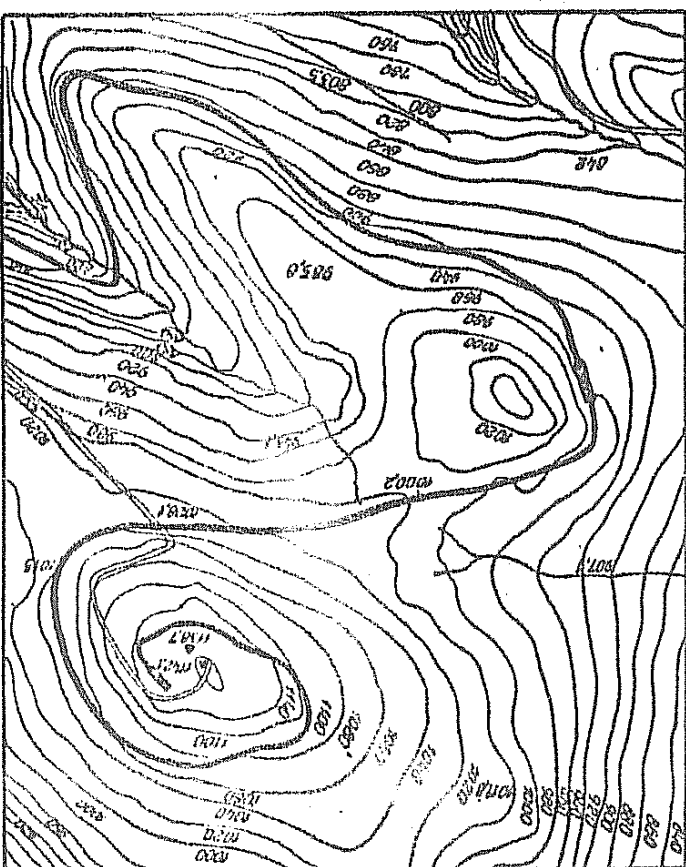
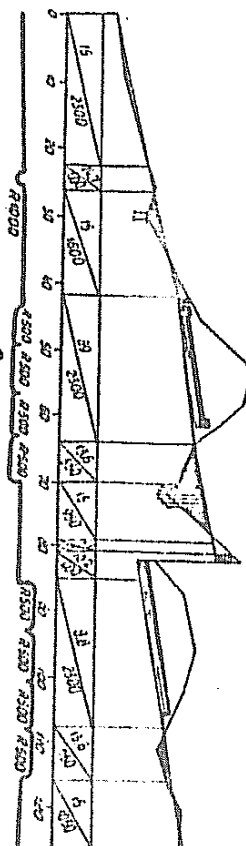
g.

Fig. V.9. Dezvoltarea traseului; a) buclă simplă de-a lungul
unei văi; b) buclă simplă de-a lungul a două văi laterale;
c) - buclă dublă; d) serpentină; e) rebrusament; f) spirală
simplă; g) spirală dublă suprapusă; h) melc.

h.



f.



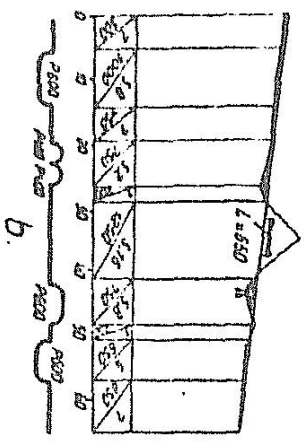
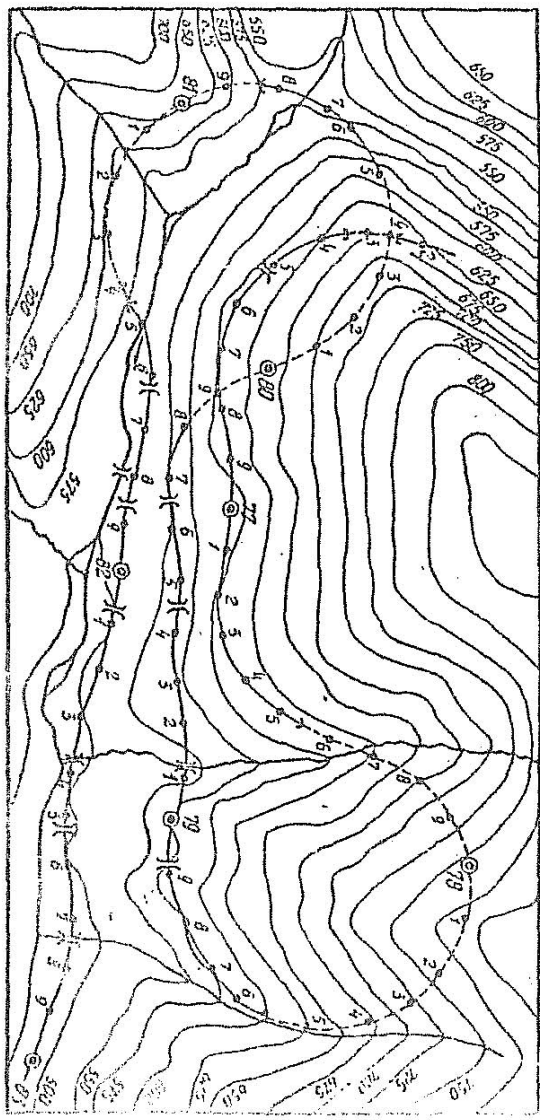
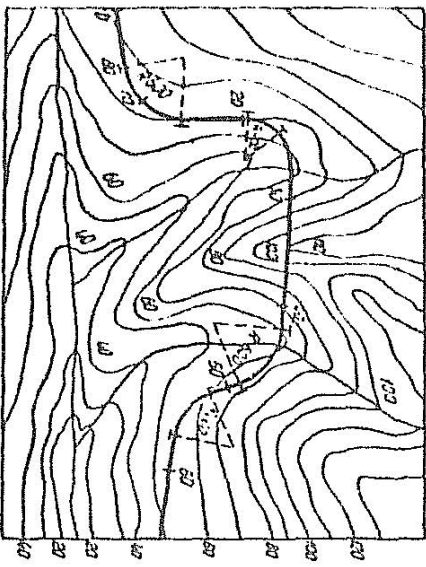
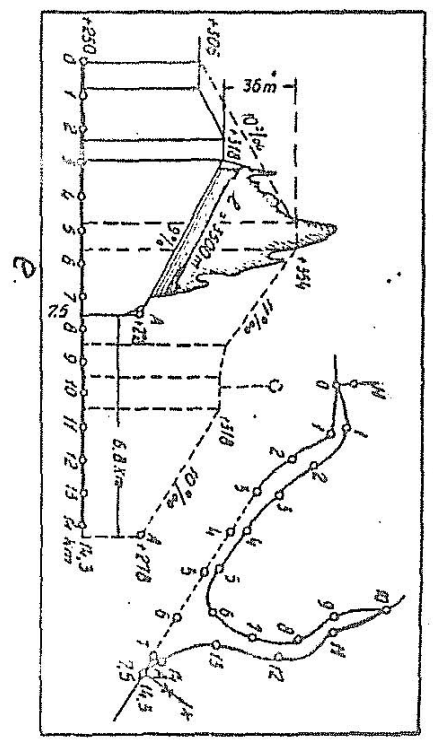
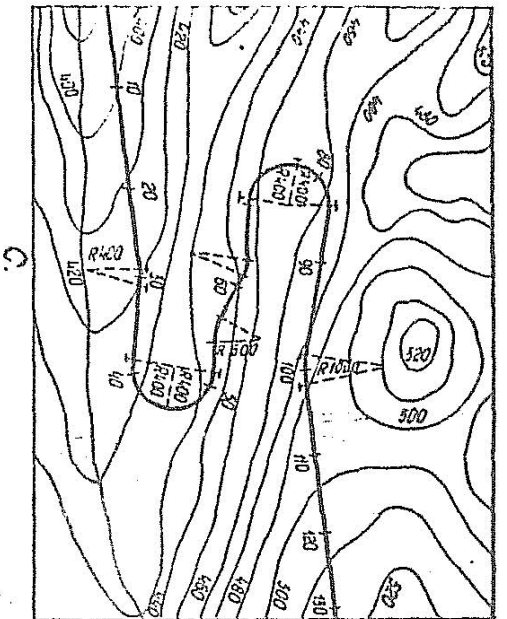
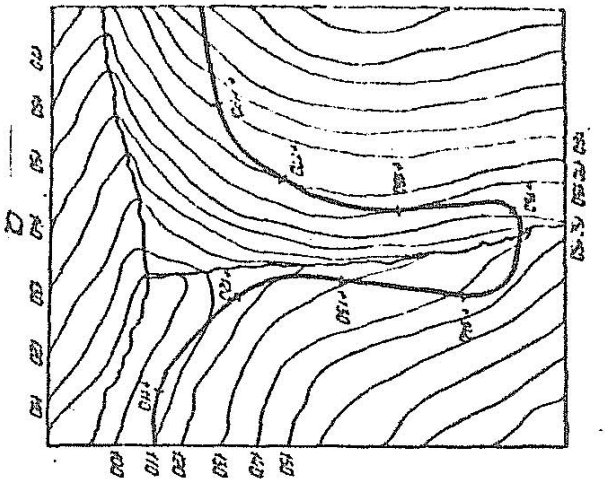


Fig. V.9. Dezvoltarea traseului; a) buclă simplă de-a lungul unei văli; b) buclă simplă de-a lungul a două văi laterale; c) - buclă dublă; d) serpentină; e) rebrament; f) spirală simplă; g) spirală dublă suprapusă; h) mele.